

Institut Royal Colonial Belge

SECTION
DES SCIENCES TECHNIQUES

Mémoires. — Collection in-8°.
Tome I, fascicule 3.

Koninklijk Belgisch Koloniaal Instituut

AFDEELING
DER TECHNISCHE WETENSCHAPPEN

Verhandelingen. — Verzameling
in-8°. — T. I, aflevering 3.

LE
PROBLÈME DE LA LUKUGA
EXUTOIRE DU LAC TANGANIKA

PAR

E. DEVROEY,

INGÉNIEUR EN CHEF DE LA COLONIE,
CHEF DU SERVICE DES TRAVAUX PUBLICS DU GOUVERNEMENT GÉNÉRAL,
MAJOR DE RÉSERVE DU GÉNIE DE LA FORCE PUBLIQUE,
MEMBRE ASSOCIÉ DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE.



BRUXELLES

Librairie Falk fils,
GEORGES VAN CAMPENHOUT, Successeur,
22, Rue des Paroissiens, 22.

1938

LISTE DES MÉMOIRES PUBLIÉS

COLLECTION IN-8°

SECTION DES SCIENCES MORALES ET POLITIQUES

Tome I.

- PAGÈS, le R. P., *Au Ruanda, sur les bords du lac Kivu (Congo Belge). Un royaume hamite au centre de l'Afrique* (703 pages, 29 planches, 1 carte, 1933) . . . fr. 125 »

Tome II.

- LAMAN, K.-E., *Dictionnaire kikongo-français* (xciv-1183 pages, 1 carte, 1936) . . . fr. 300 »

Tome III.

1. PLANQUAERT, le R. P. M., *Les Jaga et les Bayaka du Kwango* (184 pages, 18 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. 45 »
2. LOUVERS, O., *Le problème financier et le problème économique au Congo Belge en 1932* (69 pages, 1933) . . . 12 »
3. MOTTOULE, le Dr L., *Contribution à l'étude du déterminisme fonctionnel de l'industrie dans l'éducation de l'indigène congolais* (48 pages, 16 planches, 1934) . . . 30 »

Tome IV.

- MERTENS, le R. P. J., *Les Ba dzing de la Kamtsha* (1^{re} partie : Ethnographie) (381 pages, 3 cartes, 42 figures, 10 planches, 1935) . . . 60 »

Tome V.

1. VAN REETH, de E. P., *De Rol van den moederlijken oom in de inlandsche familie* (Verhandeling bekroond in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935) (35 bl., 1935) . . . 5 »
2. LOUVERS, O., *Le problème colonial du point de vue international* (130 pages, 1936) . . . 20 »
3. BITTREMIEUX, le R. P. L., *La Société secrète des Bakimbá au Mayombé* (327 pages, 1 carte, 8 planches, 1936) . . . 55 »

Tome VI.

- MOELLER, A., *Les grandes lignes des migrations des Bantous de la Province Orientale du Congo belge* (578 pages, 2 cartes, 6 planches, 1936) . . . 100 »

Tome VII.

1. STRUYF, le R. P. L., *Les Bakongo dans leurs légendes* (280 pages, 1936) . . . 55 »
2. LOTAR, le R. P. L., *La grande chronique de l'Ubangi* (99 pages, 1 figure, 1937) . . . 15 »
3. VAN CAENEGHEM, de E. P. R., *Studie over de gewoontelijke straf bepalingen tegen het overspel bij de Baluba en Ba Lulua van Kasai* (Verhandeling welke in den Jaarlijkschen Wedstrijd voor 1937, den tweeden prijs bekomen heeft) (56 bl., 1938) . . . 10 »

Tome VIII.

- HULSTAERT, le R. P. G., *Le mariage des Nkundó* (520 pages, 1 carte, 1938) . . . 100 »

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *La colonisation végétale des laves récentes du volcan Rumoka (laves de Kateruzi)* (33 pages, 10 planches, 1 carte, 1932) . . . fr. 15 »
2. DUBOIS, le Dr A., *La lèpre dans la région de Wamba-Pawa (Uele-Nepoko)* (87 pages, 1932) . . . 13 »
3. LEPLAE, E., *La crise agricole coloniale et les phases du développement de l'agriculture dans le Congo central* (31 pages, 1932) . . . 5 »
4. DE WILDEMAN, E., *Le port suffrutescens de certains végétaux tropicaux dépend de facteurs de l'ambiance!* (51 pages, 2 planches, 1933) . . . 10 »
5. ADRIAENS, L., CASTAGNE, E. et VLASSOV, S., *Contribution à l'étude histologique et chimique du Sterculia Bequaerti De Wild.* (112 pages, 2 planches, 28 fig., 1933) . . . 24 »
6. VAN NUYSEN, le Dr R., *L'hygiène des travailleurs noirs dans les camps industriels du Haut-Katanga* (248 pages, 4 planches, carte et diagrammes, 1933) . . . 45 »
7. STEYAERT, R. et VRYDAGH, J., *Etude sur une maladie grave du colonnier provoquée par les piqûres d'Helopeltis* (55 pages, 32 figures, 1933) . . . 20 »
8. DELEVOY, G., *Contribution à l'étude de la végétation forestière de la vallée de la Lukuga (Katanga septentrional)* (124 pages, 5 planches, 2 diag., 1 carte, 1933) . . . 40 »

Tome II.

1. HAUMAN, L., *Les Lobelia géants des montagnes du Congo belge* (52 pages, 6 figures, 7 planches, 1934) . . . 15 »
2. DE WILDEMAN, E., *Remarques à propos de la forêt équatoriale congolaise* (120 p., 3 cartes hors texte, 1934) . . . 26 »
3. HENRY, G., *Etude géologique et recherches minières dans la contrée située entre Ponthierville et le lac Kivu* (51 pages, 6 figures, 3 planches, 1934) . . . 16 »
4. DE WILDEMAN, E., *Documents pour l'étude de l'alimentation végétale de l'indigène du Congo belge* (264 pages, 1934) . . . 35 »
5. POLINARD, E., *Constitution géologique de l'Entre-Lulua-Bushimaie, du 7° au 8° parallèle* (74 pages, 6 planches, 2 cartes, 1934) . . . 22 »

LE
PROBLÈME DE LA LUKUGA
EXUTOIRE DU LAC TANGANIKA

PAR

E. DEVROEY,

INGÉNIEUR EN CHEF DE LA COLONIE,
CHEF DU SERVICE DES TRAVAUX PUBLICS DU GOUVERNEMENT GÉNÉRAL,
MAJOR DE RÉSERVE DU GÉNIE DE LA FORCE PUBLIQUE,
MEMBRE ASSOCIÉ DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE.

Mémoire présenté à la séance du 28 janvier 1938.

LE
PROBLÈME DE LA LUKUGA
EXUTOIRE DU LAC TANGANIKA (1)

INTRODUCTION.

000

On sait que la rive belge du Tanganika (2) fut le théâtre 001
d'un événement géographique remarquable et récent,
dont la nature n'offre pas beaucoup d'exemples : une
migration de ligne de partage de bassins hydrographiques,
ou plutôt une greffe (anastomose) entre deux bassins
hydrographiques voisins.

Il y a environ soixante ans, les lacs Tanganika et Kivu, 002
qui constituaient depuis une époque reculée un bassin
fermé (3), envoyèrent leur trop-plein vers le fleuve Congo.

(1) La mise au point de cette note a été faite avec la collaboration de M. R. Vanderlinden, ingénieur-directeur du Service des Voies Navigables de la Colonie.

(2) Dans une lettre qui a été publiée (*Mouvement géographique* du 31 mai 1891, col. 46 c), l'explorateur V. L. CAMERON a expliqué qu'en kiswahili, *ku tanganya* signifie « faire un mélange », et *tanganyika*, « l'endroit où se fait le mélange » (des eaux).

Les Anglais ont respecté l'étymologie et écrivent Tanganyika, mais, suivant l'usage belge, nous adopterons l'orthographe Tanganika, conforme à la « Circulaire fixant les règles à suivre pour l'orthographe des noms géographiques au Congo », édictée par le Gouverneur Général, en date du 1^{er} avril 1898 (*Recueil mensuel*, 1921, p. 72).

(3) Le professeur Salée a cherché à démontrer que les eaux du Tanganika se déversaient autrefois dans le bassin du Nil (A. SALÉE, *Le détournement...*, pp. 200-208).

On a pu déterminer, en effet, que le niveau du lac, grossi par ses tributaires, monta jusqu'à atteindre le col le plus bas situé dans la ceinture montagneuse qui l'entoure et que, emportant cet obstacle, il se ménagea un déversoir qui depuis fonctionne sans interruption.

- 003 Ce col le plus bas était constitué par la vallée de la Lukuga, creusée jadis par une puissante rivière préhistorique. Mais cette vallée ayant été disloquée à la suite d'un des mouvements orogéniques dont cette partie de l'écorce terrestre a été si souvent le siège, le lit de la rivière est resté à sec et s'est comblé d'alluvions — amenées par les torrents latéraux — qui formèrent petit à petit un barrage.
- 004 L'histoire de la « débâcle » de 1878 et du Tanganika en général a été reconstituée de façon saisissante dans une série de six articles ⁽¹⁾ devenus classiques, publiés dans le *Mouvement géographique* entre le 5 décembre 1920 et le 8 mai 1921, par M. R. Theeuws, ancien ingénieur principal de la Colonie et directeur général de la Compagnie des Chemins de Fer du Congo Supérieur aux Grands Lacs Africains (en abrégé, Compagnie des Grands Lacs, ou C.F.L.), et sous la conduite de qui l'auteur de la présente note a eu la bonne fortune de pouvoir effectuer un voyage de circumnavigation du Tanganika, en janvier 1923.
- 005 La débâcle qui amena en quelques années une baisse de plusieurs mètres du niveau du lac n'a pas manqué d'impressionner les indigènes riverains, surtout ceux qui en ignoraient la cause. Des légendes se sont créées et des

(1) Voir Bibliographie *in fine* de cette note, p. 123.

Européens se sont empressés de les prendre pour traditions respectables. Certaines de ces légendes ont la vie dure, telle celle d'après laquelle « l'excédent des eaux du Tanganika, à la suite de pluies exceptionnelles, coule tous les trois à quatre ans vers le fleuve Congo, par la vallée de la Lukuga, ainsi que le cas s'est présenté en 1929 ». (*The South and East African Year Book and Guide for 1930.*) (1).

Les grands travaux entrepris en ces dernières années sur 006
les rives de notre mer intérieure congolaise ont permis de mettre en évidence des oscillations plus ou moins régulières de sa surface. Mais comme en Afrique la conservation des archives a été négligée, que certaines de celles qui nous intéressent ont été détruites pendant la guerre, et que de plus le personnel est l'objet de mutations nombreuses, la loi de variation de ces fluctuations n'a pas été suffisamment dégagée, au point qu'on en est arrivé à penser que « le niveau du lac monte et descend, remonte et redescend tout à fait comme il veut ».

C'est ainsi qu'on a craint, pendant la décrue de 1929, 007
que tous les ports construits jusqu'à ce moment sur nos 1.000 kilomètres de rive puissent un jour se trouver à sec.

Depuis deux ou trois ans, cette crainte a fait place à la menace qui plane sur les installations portuaires et sur certaines exploitations industrielles ou agricoles, d'être inutilisables par suite de submersion...

(1) Voir également *Larousse du XX^e Siècle* (Paris, juillet 1933) :

« Si bien entouré de montagnes soit-il, le Tanganika n'est pas toujours un lac sans écoulement; il déverse, par intermittences, ses eaux dans le Congo par la Lukuga. »

008 D'où l'idée d'entreprendre des travaux dans la Lukuga,
« afin de mettre le niveau du Tanganika entre nos mains ».

*
* *

009 La présente note a pour objet d'exposer l'état actuel du problème de la protection des installations riveraines du Tanganika, et plus particulièrement des ports. Nous croyons utile de définir au préalable le niveau de référence auquel nous rapportons toutes nos cotes et de rappeler les sources qui nous ont permis de dresser le diagramme des fluctuations du niveau du lac depuis 1846, représenté par la figure 1.

CHAPITRE I.

ALTITUDE ET PLAN DE RÉFÉRENCE. 100

Déterminations barométriques. 110

Speke, le premier Européen qui traversa le Tanganika 111 (1858), lui assigna l'altitude de 1.844 pieds, soit 560 mètres. Quand Livingstone y arriva en 1869, cherchant lui aussi à résoudre l'énigme des sources du Nil, il se livra également à des mesures d'altitude, qui lui donnèrent 2.800 pieds « par l'eau bouillante » (*Dernier Journal*, I, p. 222) et 3.000 pieds par son baromètre, soit 855 ou 915 mètres. Mais, lit-on dans le livre de STANLEY : *Comment j'ai retrouvé Livingstone*, à la page 359, « le chiffre obtenu par l'ébullition de l'eau n'est qu'approximatif, pouvant donner jusqu'à trois cents pieds de différence... et il est possible que le baromètre ait été dérangé pendant le voyage... »

Voici, d'après une note publiée par le *Geographical* 112 *Journal* de Londres, et reproduite par le *Mouvement géographique* du 11 juin 1899, une liste d'altitudes du lac Tanganika, calculées par différents voyageurs :

Baumann.	877 mètres
Stanley.	837 »
Hore	835 »
Cameron	823 »
Stairs	821 »
Wissmann.	811 »
Popelin.	809 »
Reichard	777 »

Citons encore les altitudes suivantes :

Commission de délimitation anglo-allemande : 814 m.

Boileau : 804 m. (*M. G.*, 18 juin 1899, col. 299).

Langhans : 817 m. (*M. G.*, 12 novembre 1899, col. 555).

Grogan : 863 m. (*M. G.*, 12 août 1900, col. 386).

Livingstone : 800 m.

Thomson : 798 m.

Von Herrmann : 780 m. (*M. G.*, 3 avril 1904, col. 159).

Burton : 564 m. (*Voyage...*, p. 454).

- 113 Le capitaine Lemaire procéda à des observations répétées au cours de la mission dont il fut chargé par l'État Indépendant du Congo du 4 août 1898 au 2 septembre 1900 et dont il a rendu compte dans seize mémoires édités par les *Publications de l'État Indépendant du Congo*, sous le titre: *Mission scientifique du Katanga* (P. Weissenbruch, imprimeur, Bruxelles).

Ces mémoires doivent avoir été publiés pendant le premier semestre 1901; ils ne sont généralement pas datés (seul le cinquième porte la mention « achevé d'imprimer le 29-6-1901 »), mais nous savons que la mission est rentrée à Anvers par le steamer *Philippeville* du 24 septembre 1900 et le seizième mémoire fait allusion à une lettre datée du 29 mai 1901, qui discute les chiffres cités dans les deux premiers.

- 114 Les résultats publiés dans le mémoire n° 1 et dont les calculs justificatifs font l'objet des n°s 2 à 15, furent obtenus, pour ce qui concerne les altitudes, en utilisant les tables établies en 1889 par le capitaine Delporte, qui reposent sur les hypothèses suivantes :

Pression au niveau de l'Océan . . . 758 mm.

Température de l'air 26°

Lemaire obtint ainsi, pour l'altitude du Tanganika :

A Moliro (du 8 août au 18 septembre 1898) . . . 777 m.

A Mpala (28 et 29 avril 1900) 784 m.

A Mtoa (du 7 au 13 mai 1900) 770 m.

Par la suite, Lemaire eut connaissance des observations effectuées à Banana en 1890 et à Dar-es-Salam de décembre 1895 à septembre 1899. La pression moyenne était de 761^{mm}62 et la température moyenne de 25°,5; il revisa, en conséquence, les tables de Delporte et trouva alors pour le Tanganika 855 m.; cette revision fit l'objet du seizième mémoire, dans lequel Lemaire calcula également la différence de niveau entre Dar-es-Salam et le lac à Moliro, en appliquant différentes formes de la formule de Laplace aux observations effectuées de part et d'autre en août et septembre 1899. Il trouva :

Par la formule de Babinet	855 ^m 00
Par la formule d'Angot	855 ^m 00
Par la formule de l' <i>Annuaire du Bureau des Longitudes</i>	856 ^m 25
Par la formule de l' <i>Annuaire astronomique de l'Observatoire royal de Belgique</i>	861 ^m 84

Soit en moyenne : 858^m44

D'autre part, M. Lancaster, directeur du Service Météorologique de Belgique, se servant des tables de Jordan, avait déterminé l'altitude du lac par 222 observations du baromètre et du thermomètre, faites au même moment à Dar-es-Salam et au Tanganika, et avait trouvé 854 m. (LEMAIRE, 16^e Mémoire, p. 29).

Cette cote fut définitivement adoptée par Lemaire.

Nivellements géométriques et trigonométriques.

120

Le niveau du Tanganika fut rattaché par un cheminement à celui de l'Océan pour la première fois en 1910, lorsque les brigades topographiques allemandes du chemin de fer Dar-es-Salam—Kigoma atteignirent le lac (GILLMAN, p. 2).

121

L'échelle d'étiage de Kigoma, fixée depuis le 1^{er} novembre 1915 à la face Ouest de la fondation de la grue de 20 tonnes du port, a son zéro à la cote 772,24 dans le système du chemin de fer allemand (GILLMAN, p. 21).

Ce système fut adopté également par la Compagnie des Chemins de Fer du Congo Supérieur aux Grands Lacs Africains (C.F.L.), pour le nivellement de la voie Kabalo-Albertville.

Le repère d'Albertville est actuellement constitué par un boulon à tête carrée scellé dans la façade de la gare du C.F.L., à gauche du porche. La diagonale horizontale de la tête du boulon se trouve à la cote 778.

- 122 Les cotes admises par les brigades qui établirent le profil en long du chemin de fer allemand (et par conséquent par le C.F.L.) sont supérieures à celles exprimées par rapport au niveau de l'Océan à Dar-es-Salam; nous ne connaissons pas l'origine de cette discordance.

La correction à apporter aux cotes du chemin de fer allemand et du C.F.L. pour les rapporter au niveau de l'Océan à Dar-es-Salam est, suivant M. GILLMAN (pp. 21 et 22):

D'après le niveau de l'Océan admis par les autorités allemandes	2 ^m 36
D'après le niveau de l'Océan admis par l'Autorité britannique	2 ^m 48

Adoptant cette dernière donnée, on a pour la cote du repère d'Albertville $778 - 2,48 = 775,52$ m. au-dessus du niveau de l'Océan à Dar-es-Salam; dans le même système, le zéro de Kigoma occupe la cote $772,24 - 2,48 = 769,76$.

Pour l'établissement des graphiques des variations de niveau du lac, les autorités du Tanganyika Territory ont admis la cote ronde 770 comme altitude du zéro de l'échelle.

Le Tanganika a également été rattaché au niveau de l'océan Indien à Mombasa (Kilindini) et à Zanzibar. Ce rattachement a été effectué par les nivellements géodésiques auxquels il fut procédé à l'occasion de la mesure d'un arc du 30° méridien et de diverses missions de délimitation.

M. Maury, ingénieur en chef au Ministère des Colonies, a examiné les résultats de ces nivellements dans un mémoire intitulé *Triangulation du Congo oriental* (Bruxelles, Institut Royal Colonial Belge, 1934), auquel nous empruntons les renseignements suivants :

Les mesures de l'arc équatorial du 30° méridien furent entamées en 1908, par une mission anglo-belge dont faisaient partie MM. Dehalu et Wangermée.

Les cotes ont été calculées en partant du repère de Butiaba (lac Albert, Uganda), dont la cote avait été déterminée par les autorités britanniques : le lac Victoria avait été rattaché au niveau de l'océan Indien à Mombasa par un nivellement géométrique le long de l'Uganda Railway et au niveau du même océan à Zanzibar par un nivellement trigonométrique; le lac Albert avait été relié au lac Victoria par deux nivellements géométriques et un nivellement trigonométrique; le transport de cote entre le repère de Butiaba et l'arc du 30° méridien se fit par le niveau du lac.

M. Maury a rattaché le Tanganika à trois points de l'arc du 30° méridien, en utilisant les résultats de diverses missions cartographiques qui avaient travaillé dans la région :

Commission géographique germano-congolaise Ruzizi-Kivu (1900-1905);

Mission anglo-congolaise Uganda-Congo (1907-1908);

Mission anglo-germano-belge Kivu-Ufumbiro (1911);

Mission anglo-belge de délimitation des territoires du Ruanda-Urundi (1923),

Missions cartographiques du Ruanda-Urundi et du Kivu (1925-1930).

124 M. Maury a obtenu les cotes suivantes pour trois repères situés à proximité du Tanganika :

Repère A (S-W) de Nyanza	807,21
Pilier d'Uvira	779,79
Pilier d'Usumbura	798,93

Le repère A de Nyanza fut rattaché au lac par un nivellement géométrique effectué par la mission de délimitation en 1923; la cote du lac fut trouvée égale à 771,08; l'indication de l'échelle d'étiage de Kigoma donnait pour cette cote, le jour du nivellement, 773,57 d'après les résultats du nivellement allemand le long du chemin de fer (MAURY, *op. cit.*, p. 123). Le repère d'Albertville (cote 778 du C.F.L. et du chemin de fer allemand) se trouverait donc, d'après le repère de Nyanza, à la cote 775,51.

Le pilier d'Usumbura fut rattaché fin 1935 par l'ingénieur Dewert, du Service des Voies Navigables, au zéro de l'échelle d'étiage de ce poste; la différence de niveau est de 28^m65, ce qui donne pour le niveau du zéro d'après M. Maury 798,93—28,65=770,28. Or le zéro de l'échelle d'Usumbura est situé, comme nous le verrons au n° 315, à la cote 773,46 (C.F.L.). Le repère d'Albertville (cote 778 C.F.L.) se trouverait donc, d'après le pilier d'Usumbura, à la cote 770,28 + 4,54 = 774,82.

Le pilier d'Uvira a été rattaché le 29 décembre 1936 au niveau du lac par M. Vandavelde, ingénieur des Ponts et Chaussées. Le lac se trouvait à 8^m83 sous le sommet du pilier, c'est-à-dire à la cote (d'après M. Maury) 770,96; le même jour, on lisait à Albertville 774,80 (cote C.F.L.); le repère d'Albertville se trouverait donc, d'après le pilier d'Uvira, à la cote 770,96 + 3,20 = 774,16.

125 En résumé, le rattachement du niveau du lac aux trois repères dont les cotes sont calculées en fonction du niveau

de l'Océan à Mombasa donne pour le repère d'Albertville les cotes 775,51, 774,82 et 774,16, soit en moyenne 774,83.

La correspondance avec la cote déterminée par le nivellement du chemin de fer allemand et rapportée au niveau de l'Océan à Dar-es-Salam suivant l'Amirauté britannique (775,52) est remarquable (n° 122).

Un troisième rattachement du Tanganika à l'Océan est ¹²⁶ fourni par l'arc du 30° méridien déterminé par les autorités britanniques entre Capetown et la Rhodésie du Nord jusqu'au 10° parallèle Sud.

Cet arc a été prolongé en 1912 par les autorités britan- ¹²⁷ niques jusqu'au voisinage du Tanganika à l'occasion de la délimitation de la frontière anglo-belge dans la région Tanganika-Moero, et en 1914 par la mission du colonel Gendarme jusqu'à Albertville, le long de la rive occidentale du lac.

Le tableau de coordonnées établi par le chef de mission et daté de Fuamba le 5 juillet 1914 donne les cotes de quatre points voisins d'Albertville qui ont été utilisés ultérieurement par le Comité Spécial du Katanga (C.S.K.) pour ses levés.

Ci-dessous les cotes de ces points, telles que les fournit le colonel Gendarme et telles qu'elles figurent sur les tableaux du C.S.K. :

Points.	Gendarme.	C. S. K.	Différence.
—	—	—	—
Kalemie	910,0	889,8	20,2
Lukula	998,2	977,7	20,5
Kihinja	1.354,6	1.334,6	20,0
Kianja.	1.414,6	1.394,5	20,1

Partant de ces sommets, le C.S.K. a déterminé des points secondaires dont l'un T/4 a été rattaché au repère de nivellement de l'échelle d'Albertville. Le point T/4 se trouve, dans le système C.S.K., à la cote 810,10, soit, dans

le système Gendarme, $810,10 + 20,20 = 830,30$ (20,20 étant la différence moyenne entre les deux systèmes de référence, différence dont nous ne sommes pas parvenu à retrouver l'origine).

Un nivellement géométrique effectué par M. Pauwels, officier de marine, chef de brigade d'études du Service des Voies Navigables, a donné comme différence de niveau entre T/4 et le repère de l'échelle d'Albertville :

Aller	55 ^m 694
Retour	55 ^m 696.

Le repère se trouve donc à 55^m70 sous le niveau de T/4 et a, dans le système du colonel Gendarme, la cote 774,60 par rapport à l'Océan à Capetown.

128 Les résultats fournis pour la cote du repère d'Albertville par les nivellements géométriques et trigonométriques peuvent se résumer comme suit :

Nivellement du chemin de fer allemand réduit au niveau de l'Océan à Dar-es-Salam (repère de l'Amirauté) 775,52

Nivellement trigonométrique par le Nord (niveau de l'Océan à Mombasa) 774,83

Nivellement trigonométrique par le Sud (niveau de l'Océan à Capetown) 774,60
et la cote ronde 775 pourrait être retenue définitivement comme cote de ce repère.

Cependant, comme nous l'avons dit au n° 121, la Compagnie des Chemins de fer du Congo Supérieur aux Grands Lacs Africains (C.F.L.) a adopté les niveaux du chemin de fer allemand, tels qu'ils figurent sur les profils en long, sans les réduire au niveau de l'Océan.

Les levés effectués par le Service des Voies Navigables dans la Lukuga ayant été rattachés aux repères de nivelle-

ment du C.F.L., c'est dans ce système que, sauf indication contraire, nous exprimerons toutes les cotes.

On retiendra que ce système est défini par la cote 778 ¹²⁹ du repère d'Albertville et que le zéro de l'échelle de Kigoma y occupe la cote 772,24. Le plan de référence admis par le Service des Voies Navigables pour ses cartes hydrographiques correspond à cette cote 772,24; les sondages sont donc réduits au zéro de l'échelle de Kigoma (voir pl. I).

Des instructions ont été données pour que les échelles d'étiage d'Albertville, Usumbura et Uvira, dont il sera question plus loin (n^{os} 313 à 366) soient déplacées de façon que leur zéro se trouve également à la cote 772,24.

CHAPITRE II

200 VARIATIONS DU NIVEAU DU TANGANIKA DE 1846 À 1921.

1846 En 1876, Mwini Keri, le gouverneur de la colonie arabe d'Udjidji, déclara à Stanley « qu'à son arrivée dans le pays, il y avait de cela trente ans, le canal qui sépare l'île de Bangwe de la terre ferme se passait à gué » (STANLEY, *A travers...*, II, p. 15).

Le 6 juin 1876 (*op. cit.*, p. 523), Stanley fit 13 sondages dans ce canal et y trouva, au milieu, de 17 à 25 pieds d'eau (*op. cit.*, p. 15) (5^m20 à 7^m60).

M. THEEUWS en déduisit (*Mouvement géographique*, 1920, col. 668) que pendant ces trente ans le lac avait monté d'environ 5^m60, correspondant à une hausse moyenne annuelle de 18,7 cm. En supposant que le gué ait été un peu plus profond dans sa partie la plus basse ou qu'il ait seulement été praticable à la période d'étiage, M. Theeuws arrive à la conclusion que 18 cm. par an constituent une moyenne acceptable pour la hausse du lac pendant les trente ans considérés.

Le 31 janvier 1918, M. Theeuws releva la cote du col de l'isthme de Bangwe; il obtint 775,91, le col étant à 1^m57 au-dessus du lac, qui, ce jour-là, marquait 774,34 à l'échelle d'étiage (*Mouvement géographique*, 1920, col. 675).

En ajoutant le plus grand sondage trouvé par Stanley le 6 juin 1876, on arrive à $775,91 + 7,60 = 783,51$, et en se rappelant qu'en juin il y a déjà une légère décrue due à la variation annuelle, on peut fixer la cote des hautes eaux 1876 à 783,60, et celle des hautes eaux 1846 à $783,60 - 5,60 = 778$ (fig. 1).

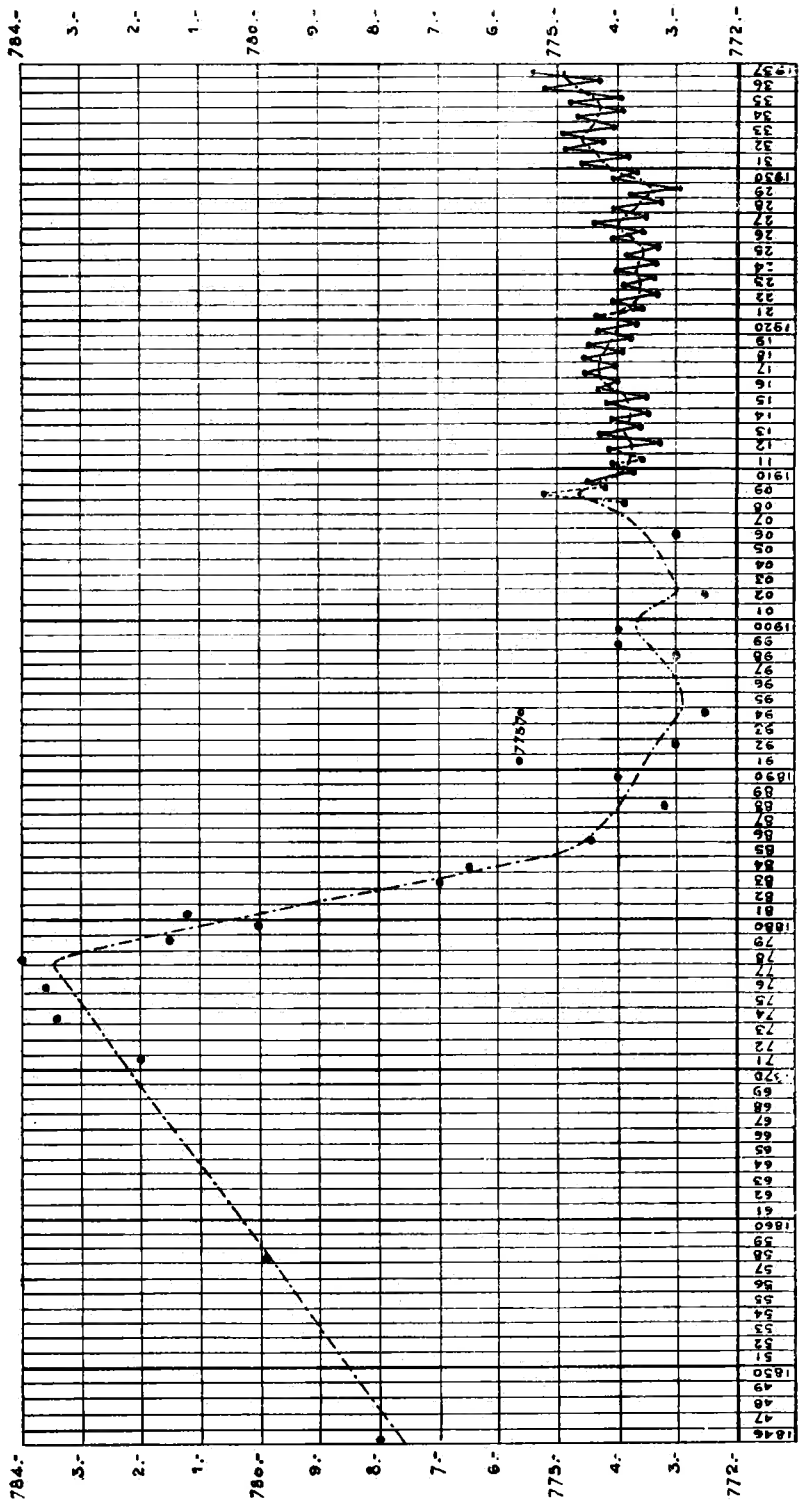


FIG. 1. — Diagramme du niveau du Tanganika, de 1846 à 1937.

1858 Richard Burton et son camarade, le lieutenant John-Hanning Speke, découvrirent le Tanganika entre Udjidji et l'embouchure de la Malagarasi, le 13 février 1858, ayant quitté la côte orientale le 14 juin 1857, et venant des Indes. Leur mission était placée sous le patronage de la Société de Géographie de Londres, et le Gouvernement anglais leur avait alloué un subside de 1.000 livres.

Le 3 mars 1858, Speke s'embarqua sur une pirogue et traversa le lac d'Est en Ouest, mais arrivé à Kasenge, une petite île près du poste actuel de Mtoa, il ne put poursuivre sa route, faute de matériel suffisant, et il dut rebrousser chemin.

Le 12 avril 1858, il fit une nouvelle tentative, accompagné cette fois de Burton.

Ils s'embarquèrent dans la baie de Bangwe (Udjidji), en face de l'îlot du même nom, mais ils durent s'arrêter à Uvira, où leurs payageurs refusèrent de pousser plus au Nord. Bien qu'un indigène lui eût déclaré que la Ruzizi, toute proche, se jetait dans le lac, Burton — sans avoir vu par lui-même — ne voulut pas démordre de son idée qu'il était en train de découvrir la source du Nil. Ils firent demi-tour et, le 26 mai 1858, ils quittaient les rives du Tanganika pour rejoindre ⁽¹⁾ l'océan Indien à Konduchi, le 3 février 1859.

Pendant sa première traversée du Tanganika, Speke avait levé un croquis de la baie de Nganza. Nous le reproduisons sur la figure 2, a, d'après un dessin commenté

(1) C'est au cours de ce retour que Speke découvrit le lac Victoria, le 30 juillet 1858, ayant laissé son chef, Burton, du 10 juillet au 25 août 1858 à Kazeh (Tabora), pour l'organisation de la caravane.

La jalousie sépara les deux voyageurs, et leur brouille ne cessa que par la mort, probablement par suicide, de l'un des antagonistes : Speke mourut dans un accident de chasse, causé par son propre fusil, le 21 septembre 1864, le jour même où un débat public devait opposer les deux explorateurs à la Société royale de Géographie.

En 1860-1863, Speke avait effectué une nouvelle exploration du lac Victoria, redescendant le Nil jusqu'à la Méditerranée, en compagnie du capitaine J. A. Grant.

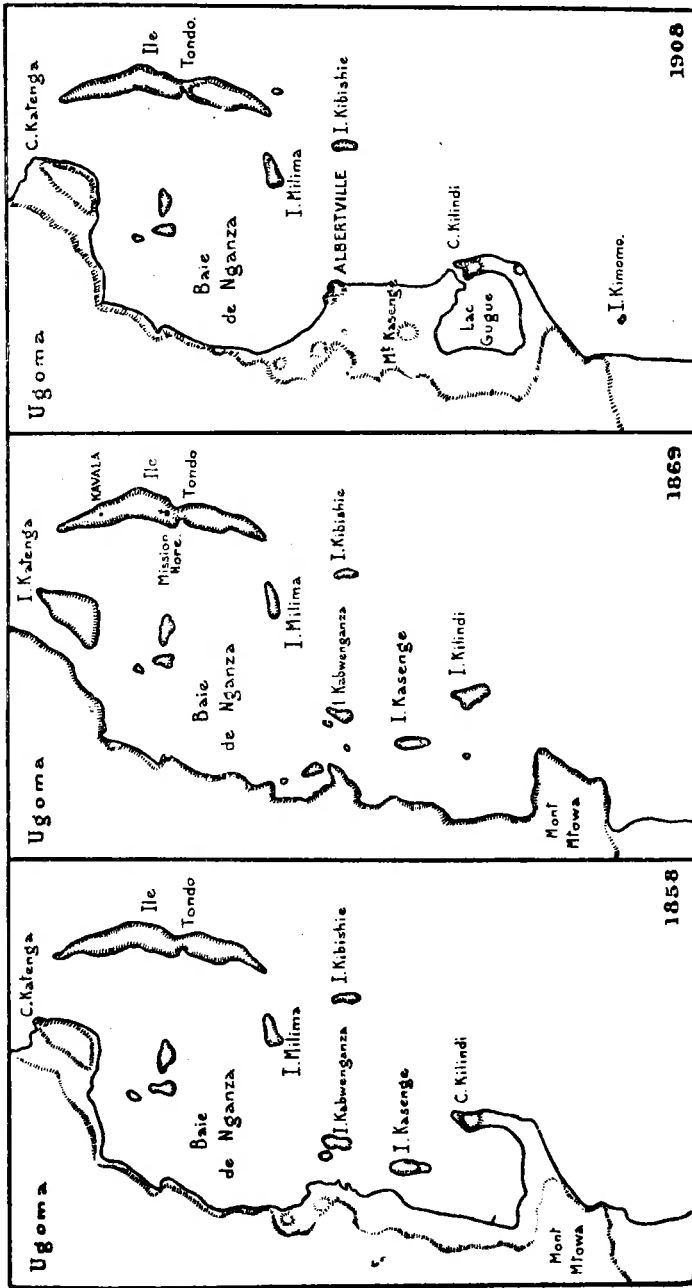


FIG. 2. — La baie de Nganza, au Nord d'Albertville, en 1858, 1869 et 1908.

par M. SCHMITZ, dans son livre *Les Baholoholo* (p. 5). En mars 1858, Kabwenganza et Kasenge sont des îles; Katenga et Kilindi sont des caps (fig. 2, a).

M. Theeuws a cité le chiffre de 779,83 (fig. 1) comme niveau du lac en 1858, mais sans aucune explication (*M. G.*, 1920, col. 676).

1869 Le 14 février 1869, le docteur David Livingstone arriva au Tanganika par la vallée de la Lufuko, venant du lac Moero; il dressa sa tente à Mpala, à l'ombre d'un borassus qui se trouvait sur la rive du lac (*Dernier Journal*, II, p. 3).

Le 12 novembre 1894, M. Elave, collaborateur de la revue américaine *The Century*, photographia ce palmier, qui était alors à 3 km. du lac (*Grands Lacs*, 15 décembre 1936).

Le borassus se trouve actuellement dans le jardin de la Mission des RR. PP. Blancs, « à une dizaine de minutes » de la rive (extrait d'une lettre personnelle de Mgr Huys, du 23 août 1937).

Le 28 mars 1869, Livingstone compte 17 îlots dans la baie de Nganza (fig. 2, b), alors que le croquis dressé en mars 1858 par Speke n'en mentionne que 9 (fig. 2, a) (SCHMITZ, p. 7).

Le 29 mai 1869, Livingstone constate que le lac « mange » la côte aux abords d'Udjidji : « il se porte au levant », dit-il (*Dernier Journal*, II, p. 11).

1871 En novembre 1871, peu après leur rencontre à Udjidji, Livingstone, « ayant la pensée qu'un affluent s'échappait du Tanganika et se dirigeait vers le Nil » (STANLEY, *Comment...*, p. 355), et Stanley firent une « excursion » dans la partie Nord du Tanganika, pour vérifier si, ainsi que l'avait déclaré Burton, la Ruzizi « sortait » du lac pour couler, soit vers le lac Albert, soit vers celui de Victoria. Dans leur pirogue *Argo* ils se dirigèrent d'abord vers l'île

de Bangwe (voir *supra*, année 1846), qui est actuellement un cap (STANLEY, *op cit.*, p. 373).

A Udjidji, Livingstone et Stanley avaient l'habitude de garer leurs pirogues sur un banc d'argile, au bas de la place du marché (*op. cit.*, p. 453). Les pirogues étaient attachées, dit-on, à un manguier que l'on montrait encore aux touristes en 1923, et qui se trouvait à la cote 782,8 (Cap. Jacobs, *Rapport* au Gouvernement allemand sur son expédition de sondages du Tanganika en 1913; cité par GILLMAN, p. 6).

M. Theeuws évalue le niveau du Tanganika, à l'étiage de 1871, à 781,25 (*M. G.*, 1920, col. 676), ce qui est à 1^m55 sous la cote assignée à l'« arbre de Livingstone » par le capitaine Jacobs.

La cote 781,25 nous semble un peu faible et nous proposons plutôt celle de 782 (fig. 1), l'arbre en question n'étant plus, alors, qu'à 80 cm. au-dessus de l'étiage de 1871, ce qui nous paraît plus conforme aux habitudes des indigènes.

De son côté, le colonel Georges Moulaert, ancien commandant des troupes du Tanganika, s'exprime comme suit à propos du « manguier » d'Udjidji (*La Campagne...*, p. 148) :

Udjidji a été rendu célèbre dans le monde par la rencontre de Stanley et de Livingstone, le 10 novembre 1871 ⁽¹⁾.

Je décidai de commémorer ce fait historique, que rien ne rappelait sur les lieux. La rencontre avait eu lieu sous un manguier, le seul manguier d'Udjidji à cette époque. Nous pûmes retrouver un vieillard swahili qui avait assisté à l'arrivée de Stanley. Le manguier, englobé dans une cour d'habitation, fut facilement identifié. Il fut dégagé, et une grande dalle en béton fut construite devant l'arbre. Elle porte l'inscription :

STANLEY — LIVINGSTONE
1871.

(1) Cette date est celle citée par STANLEY (*Comment...*, p. 321). D'après le *Dernier Journal* de LIVINGSTONE (II, p. 187), la rencontre des deux explorateurs aurait eu lieu dans la matinée du 28 octobre 1871.

Depuis cette époque, le niveau du lac a beaucoup baissé. La presque île du cap Bangwe était autrefois une île, comme le signale Stanley, et le lac s'étendait jusqu'à l'agglomération d'Udjidji.

Je fis effectuer le nivellement par des géomètres. Il en résulta que la baisse de niveau des eaux du lac de 1871 à 1916 est supérieure à 5 m.

Nous savons que dans les derniers mois de 1916 — les troupes belges entrèrent à Kigoma le 28 juillet 1916 — le niveau du lac était vers la cote 774; en y ajoutant 5 mètres on obtiendrait la cote 779 pour le niveau des eaux en 1871, ce qui est trop bas par rapport aux estimations de M. Theeuws et ne correspond ni à la cote de « l'arbre de Livingstone du capitaine Jacobs », ni aux observations de Stanley lui-même en 1876 (voir *supra*, année 1846).

1874 Le capitaine Verney Lovett Cameron, qui, à l'instar de Stanley, s'était également porté à la recherche de Livingstone, arriva au Tanganika à Kahuele, à quelques kilomètres au Sud d'Udjidji, le 18 février 1874, venant de Zanzibar. Il entreprit un voyage de circumnavigation vers le Sud, au cours duquel ses guides lui apprirent que le lac empiétait constamment sur ses rives (CAMERON..., p. 188), et il vit des îles que les indigènes avaient connues rattachées à la côte (*op. cit.*, p. 194).

Il découvrit ainsi l'embouchure de la Lukuga :

Ce fut le 3 mai 1874 que, par une brise fraîchissante venant de l'Est, je mis à la voile avec l'espoir de me trouver quelques heures après dans le Loukouga. Il allait être midi lorsque nous y arrivâmes. Je vis une entrée de plus d'un mille de large, mais fermée aux trois quarts par un banc de sable herbu. Un seuil traverse même ce passage; parfois la houle vient s'y briser violemment, bien que dans sa partie la plus haute il soit couvert de plus de six pieds d'eau.

Le chef, dont je reçus la visite, me dit que la rivière était bien connue de ses sujets; ils en avaient fréquemment suivi les

bords pendant plus d'un mois, ce qui les avait fait arriver au Loualaba...

Le lendemain matin, il plut à verse; malgré cela, accompagné du chef, je descendis le Loukougua jusqu'au point où l'amas de végétation flottante nous empêcha d'aller plus loin; toutefois des canots auraient pu s'ouvrir un passage.

Nous étions alors à quatre ou cinq milles de l'entrée. La rivière avait là trois brasses de profondeur, six cents yards de large, une vitesse d'un nœud et demi et un courant d'une force suffisante pour nous faire entamer le bord du radeau végétal.

Ce premier amas, d'une étendue de quatre à cinq milles, était suivi, disait-on, d'une eau libre de même longueur, et cette alternance de parties encombrées et de canaux dépourvus d'herbe se continuait jusqu'à un endroit fort éloigné.

Les embouchures des petits cours d'eau que, pendant notre descente, nous vîmes se jeter dans le Loukougua, étaient incontestablement à l'opposé du lac, et les herbes flottantes suivaient toutes cette direction contraire.

En aval, le dattier sauvage formait sur les rives d'épais fourrés.

Le jour suivant, mes observations touchant l'entrée de la rivière furent reprises. Au-dessous de la barre que j'ai mentionnée je trouvai quatre et cinq brasses de profondeur; il y en avait trois au bord du tapis qui avait arrêté notre bateau.

J'étais avec le chef; je lui demandai de me faire ouvrir un passage dans l'herbe...

Nous descendions la rivière; après un trajet d'une heure et demie, la brise ayant fraîchi et nous soufflant en face, nous nous arrêtâmes dans un îlot qui appartenait à un affluent. Ce n'était qu'un marais à l'intérieur d'un banc prolongé qui, çà et là, avait de petites ouvertures. La bouche dans laquelle nous nous trouvions n'était elle-même qu'une simple brèche de la rive, où l'eau passait en s'infiltrant dans l'herbe.

Le Loukougua nous offrait par endroits une eau profonde, puis des hauts-fonds, des bancs de sable, de grandes herbes, etc., obstacles formés par les débris qui flottent sur le Tanganika et dérivent vers la seule issue qu'ils rencontrent.

J'en eus un bel exemple pendant les sept ou huit heures que nous passâmes sur la rivière: une quantité considérable de bois flotté arriva; ce bois fut poussé dans l'amas végétal et disparut sans laisser de trace de son passage.

L'entrée du Loukouga est située dans la seule brèche que présente l'épaisse ceinture du lac...

Je partis, espérant toujours qu'on pourrait trancher le radeau herbeux; je désirais tant descendre le Loukouga, explorer cette rivière qui ne pouvait pas finir dans un marais: elle était trop considérable. Le chef, d'ailleurs, m'avait assuré de nouveau que ses gens l'avaient suivie pendant plus de trente jours et l'avaient vue s'unir au Loualaba. Mais je ne pus jamais trouver de guide ni d'interprète, et sans l'un et l'autre, pas un de mes hommes ne voulait m'accompagner.

Puis j'envisagai la dépense qu'eût occasionnée l'ouverture du canal à travers la couche d'herbe, et la trouvai si lourde que je reculai devant elle: l'empêchement qu'elle eût apporté à la suite du voyage ne me sembla pas justifié par la descente du Loukouga. Dès qu'il était avéré que cette rivière sortait bien du lac, il n'aurait pas été sage de sacrifier, à la confirmation d'un fait certain, les ressources indispensables à de nouvelles découvertes et dont l'abandon eût compromis mon retour (CAMERON, pp. 217-221).

M. Theeuws explique comment il a pu se faire que Cameron ait vu un courant vers l'Ouest aux hautes eaux 1874, alors que Stanley n'en vit pas aux eaux moyennes de 1876 (voir n° 412) et fixe la cote du lac, au moment de la découverte de Cameron, à 783,40 (*Mouvement géographique*, 1920, col. 67) (fig. 1). Nous venons de voir que Cameron avait sondé 4 à 5 brasses (7^m20 à 9^m15) à l'embouchure; en ajoutant la moyenne de 8^m20 à la cote actuelle (± 773 m.) on trouve ± 781 m., mais il est certain que le fond de l'embouchure était un peu plus haut qu'actuellement, à cause des dépôts qui s'y étaient accumulés.

1876 Intrigué par la hausse du lac (voir *supra*, année 1846) et ayant entendu dire que Cameron avait trouvé un émissaire du lac « qui était un affluent de la grande rivière de Livingstone » (= Lualaba), Stanley arriva le 15 juillet à la Lukuga et il y fit connaissance avec Kahue, chef du territoire qui forme la rive méridionale de la rivière, et

qui « avait accompagné Cameron jusqu'aux roseaux qui, disait-il, bloquaient le haut de la crique ». Stanley écrivit le soir même dans son journal (fig. 3) :

A l'embouchure de la Lukuga, les opinions sont très partagées au sujet de cette rivière, de cette crique, de ce bras du lac, de ce que cela peut être. La Lukuga, paraît-il, a des caprices,

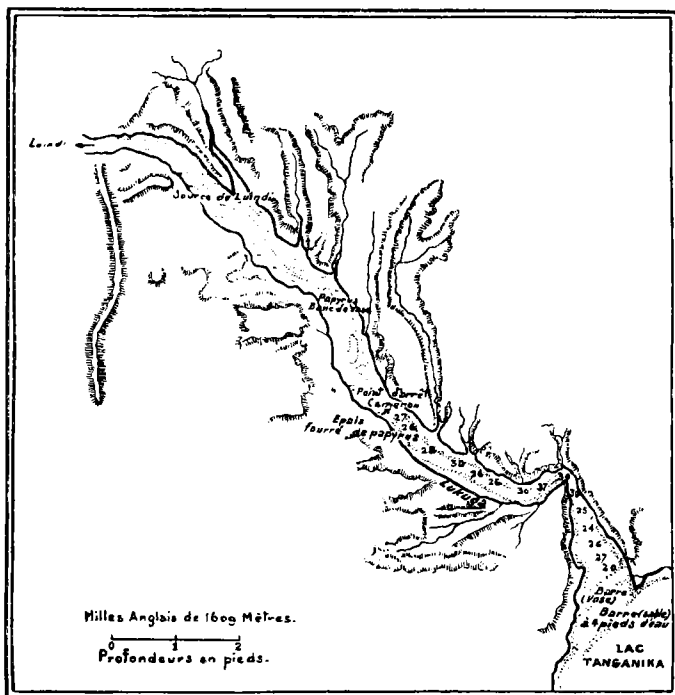


FIG. 3. — La crique de la Lukuga en 1876.

des bouderies; quelquefois elle coule vers l'Ouest, quelquefois à l'Est...

Lors de la visite de Cameron en 1874, il y avait à l'entrée de la Lukuga un banc de sable sec, garni d'herbes ou de cannes, se projetant de la rive méridionale, et un autre banc semblable, partant de la rive Nord. Un étroit canal séparait les deux langues sableuses. Aujourd'hui, toutes les deux sont couvertes d'une ligne de brisants d'une grande violence...

Stanley en déduisit « ou qu'une crise de la nature est imminente, ou qu'elle a eu lieu récemment, ou qu'elle est en train de se produire. De ces trois hypothèses, quelle est la vraie ? On ne peut le savoir qu'en explorant la Lukuga, exploration que je commencerai demain matin » (STANLEY, *A travers...*, II, p. 51).

Le 16 juillet 1876, Stanley remonta la crique, dont il releva une « carte donnant les chiffres des sondages et de l'étendue d'un bord à l'autre », et que nous reproduisons (fig. 3). « En moins d'une heure, il atteignit l'extrémité de l'eau ouverte, qui s'était graduellement rétrécie par l'abondance croissante des papyrus et n'avait plus que quarante yards de large » (*op. cit.*, p. 53). Il ne trouva aucun courant.

Le lendemain, il contourna par terre, sur une distance de trois à quatre milles, une bande de papyrus de 250 à 300 yards de largeur, entre des rives en pente douce; il suivit alors un « sentier conduisant à un lit de roseaux et de joncs couchés et atteignit un endroit où le sol commençait à être humide »... Finalement, le chef qui l'accompagnait lui montra, d'un air de triomphe, « de l'eau qui indubitablement coulait à l'Ouest ». A partir de ce point, la rivière était connue sous le nom de Luindi.

Et Stanley conclut :

Dans le Tanganika, nous avons un lac d'eau douce qui — d'après le témoignage des indigènes, celui des résidents arabes et l'observation de différents voyageurs — élève son niveau d'une manière constante; et, dans la Lukuga, nous avons vu les premiers symptômes du débordement qui doit nécessairement se produire. Des bancs de vase de quelques pouces d'épaisseur et une frêle barrière de papyrus forment aujourd'hui le seul obstacle qui s'interpose entre les eaux du Tanganika et leur destinée, dont l'accomplissement se rapproche de jour en jour. Quand le lac aura monté encore d'un yard il n'y aura plus à l'embouchure de la Lukuga, ni seuil, ni banc de vase, ni radeau herbeux; les eaux accumulées de plus de cent rivières, se précipitant dans l'ancienne brèche, avec la violence du cataclysme, entraîneront tous les débris organiques que ren-

ferme aujourd'hui la Lukuga et porteront leur tribut puissant au Livingstone (*op. cit.*, II, pp. 57 et 58).

Le 31 juillet, Stanley, quittant l'embouchure de la Lukuga, se rend à l'endroit choisi par les Arabes pour passer d'une rive à l'autre, et qui est situé dans la baie de Nganza (fig. 2b), près de l'île de Kasenge, fréquentée depuis longtemps par les Arabes.

Les caps de Katenga et Kilindi (voir *supra*, année 1858) sont devenus des îles (*op. cit.*, pp. 60-61).

M. Theeuws a situé le niveau des hautes eaux en 1876 à la cote 783,60 (voir *supra*, année 1846) (fig. 1).

D'après M. Theeuws (*M.G.*, 1920, col. 672), Hore, qui 1878 était officier de marine, au service de la London Missionary Society, se serait établi, au mois d'août 1878, sur l'île Tondo, dans la baie de Nganza (fig. 2b), et aurait rapporté qu'en 1877 ou au début de 1878, le Tanganika déborda par la trouée de la Lukuga, en emportant un barrage de terre et de végétation.

Telle quelle, cette information est entachée d'une erreur, car Edward Coode Hore — qui avait été engagé en mars 1877 par la London Missionary Society pour s'occuper spécialement des observations scientifiques au cours de l'expédition projetée vers l'Afrique centrale par cette société — arriva au Tanganika, à Udjidji, le 23 août 1878 et ne traversa le lac que l'année suivante. Ayant entendu dire que les eaux du lac montaient « lentement mais sûrement », il eut l'idée d'installer, en mars 1897, une échelle d'étiage à la rive d'Udjidji. Le 27 mai, il constata une baisse de 2 pieds, et en août 1880 les eaux étaient à 10 pieds 4 ½ pouces, soit 3^m15 au-dessous du niveau enregistré primitivement (HORE, *Lake Tanganyika*, p. 3).

Au cours d'une conférence donnée à la Société Royale de Géographie de Londres, le 28 novembre 1881, Hore ajouta :

Les Arabes furent d'accord que, peu avant notre arrivée, l'obstruction de la Lukuga fut emportée, et leurs rapports

ainsi que mes observations personnelles m'amènent à croire que le lac est monté graduellement pendant une longue période, jusqu'à ce que la force des eaux entraîna cette obstruction et que la Lukuga devint le véritable exutoire du lac... Les saisons pluvieuses diffèrent extrêmement d'une année à l'autre; il s'ensuit que quelques années humides consécutives provoqueraient une crue comme celle qui semble s'être produite juste avant notre arrivée... (HORE, *op. cit.*, p. 3).

1879 Le 1^{er} mai 1879, Hore débarqua à Mtoa et le lendemain il rendit visite au grand chef Kasanga, établi à Ruanda, entre Mtoa et la Lukuga. Le 4 mai, Hore se rendit à l'embouchure de cette rivière et trouva une profondeur de 3 à 5 brasses (5^m50 à 9 m.) à l'entrée (HORE, *op. cit.*, pp. 9-11).

Une carte publiée par Hore en 1881 mentionne, du Sud au Nord, les îles suivantes devant Mtoa (fig. 2): Kilindi, Kasenga, Kabisa, Kavala, Nganza, Katenga et Kawasindi.

L'explorateur écossais Joseph Thomson ⁽¹⁾ arriva à l'embouchure de la Lukuga à la fin décembre 1879; il descendit la rivière sur quelques milles dans son canot démontable *Agnès*, et décrivit la situation comme suit :

J'ai pu constater l'exactitude de la découverte de M. Hore. A cette époque, le niveau du lac avait baissé au moins de huit pieds (2^m40)... Un examen attentif de la question m'a amené à croire que dans les conditions normales, les pluies et l'évaporation de l'eau s'équilibrent, ou peu s'en faut; il peut s'être présenté une série d'années où l'évaporation excédait la quantité de pluie, abaissant ainsi le niveau du lac à celui de son exutoire; une longue période peut s'écouler avant que le lac atteigne son ancien niveau et il devra peut-être, pour trouver une issue, s'élever au-dessus de ce dernier par suite de la barrière de végétation dont la croissance est si rapide dans les

(1) Au cours d'un second voyage en Afrique, Thomson entra au service du sultan de Zanzibar, pour aller reconnaître de prétendues mines de houille que l'on supposait exister en amont de la Ruvuma. L'explorateur « revint bredouille de sa mission, en rapportant la nouvelle que la houille en question n'était que (sic) de l'anthracite » (J. BECKER, II, p. 135).

cours d'eaux marécageux, prolongeant ainsi le temps où l'écoulement se trouve suspendu.

Je me résume donc :

1° Dans les circonstances normales, l'évaporation d'eau et les pluies s'équilibrent ou peu s'en faut;

2° Il y a plusieurs années, une série de saisons exceptionnellement sèches ont réduit le niveau du lac au-dessous de son exutoire;

3° L'eau est restée sans circulation pendant une période suffisamment longue pour qu'elle devint chargée de sels qui lui donnent un goût âcre et particulier;

4° Il y a cinq ou six ans des saisons particulièrement pluvieuses ont élevé le niveau du lac;

5° Celui-ci s'est élevé au-dessus de son niveau normal par suite de la formation dans le lit de la Lukuga d'une véritable barrière végétale et de dépôts d'alluvions amenés par les ruisseaux;

6° Le lac, ayant surmonté la barrière, l'a complètement balayée, y reprenant ainsi son ancien niveau (THOMSON, II, pp. 71-72).

De son côté, Cambier ⁽¹⁾, qui était arrivé à Karema le 15 août 1879, y avait fondé une station « sur un mamelon d'une altitude de 5^m50 au-dessus des eaux, faisant saillie dans le lac, et ménageant ainsi au Nord et au Sud deux petits ports complètement à l'abri du vent, et d'une profondeur suffisante pour permettre aux plus grandes embarcations d'atterrir ».

Cambier fournit les détails suivants dans une conférence à la Société Royale Belge de Géographie :

Les récits des derniers voyageurs et les témoignages des riverains étaient unanimes à affirmer que les eaux du Tanganika s'élevaient graduellement. Aussi, lorsqu'à mon arrivée je con-

(1) La première expédition belge en Afrique quitta Bruxelles le 15 octobre 1877 et débarqua à Zanzibar le 12 décembre suivant. Elle se composait de M. Louis Crespel, capitaine au 2^e régiment de ligne (mort à Zanzibar le 26 janvier 1878), de M. Ernest Cambier, lieutenant au 8^e régiment de la même arme, de M. Arnold Maes, docteur en sciences naturelles (mort à Zanzibar le 14 janvier 1878) et de M. Marno, voyageur autrichien, qui n'alla pas jusqu'au Tanganika (J. BECKER, I, p. 403).

statai que le niveau avait plus ou moins baissé, je l'attribuai uniquement à l'évaporation pendant la saison sèche. Cependant, quand les pluies arrivèrent, le lac continua à décroître d'une façon constante et, à mon départ, le niveau du Tanganika avait baissé de 4 m... (J. BECKER, I, p. 432).

Cambier quitta Karema le 10 décembre 1880.

Ajoutons que les indigènes de Karema attribuèrent la baisse des eaux à la venue des Blancs (BECKER, II, p. 230).

M. Theeuws déduisit des renseignements précédents que la débâcle se produisit après une saison des pluies particulièrement intense, au mois de mai de l'année 1878:

On sait comment un remblai de terres, cependant bien conditionné et bien tassé, soumis à la poussée de l'eau, résiste aussi longtemps que celle-ci n'a pas encore atteint la crête; mais une fois le flot passant par-dessus, la ruine de l'ouvrage est imminente. Or, le barrage de la Lukuga n'était autre chose qu'un immense remblai; du moment que les flots le submergeaient, sa destruction était fatale (*M. G.*, 1921, col. 53).

En interprétant les observations de Cambier à Karema (voir année 1880) et celles de Stanley dans le chenal de Bangwe (voir année 1846), M. Theeuws arriva à fixer à la cote 784 le niveau maximum atteint par le lac au moment de la débâcle, en mai 1878 (*M.G.*, 1920, col. 675). On en déduit la cote 781,50 au passage de Thomson, fin 1879 (fig. 1).

Personnellement, nous avons eu l'occasion de voir — et nous en possédons des photographies — d'anciennes traces de la laisse des eaux du Tanganika, à plusieurs mètres au-dessus des niveaux actuels: Kala, Kigoma (780), Albertville et Usumbura (782,50).

1880 Hore rapporte (voir *supra*, année 1878) une baisse de 3^m15 entre mars 1879 et août 1880.

Cambier signale que, à la fin de l'année, le lac a baissé de 4 m. (voir *supra*, année 1879), ce qui donne la cote 780 (fig. 1).

Le capitaine Émile Popelin, parti de Karema le 6 avril 1881 pour aller fonder une station sur la côte occidentale du lac, mourut le 24 mai suivant, près de Rutuku, à une soixantaine de kilomètres au Sud de Mtoa. C'est au Sud de ce dernier poste qu'il fut enterré, sur le cap Kimono, près de la station de Plymouth's Rock qu'y possédait la London Missionary Society. Les missionnaires anglais Griffith et Hutley assistèrent à l'enterrement. Le compagnon de Popelin, Oscar Roger, aurait voulu faire enterrer son ami sur l'île de Kasenge, située en face de la Mission (fig. 2b), mais cet emplacement lui fut refusé, étant réservé à la sépulture des chefs de la région (J. BECKER, I, pp. 330 et 364-368).

Pendant la même année, deux RR. PP. Blancs et un ancien zouave pontifical, le Belge d'Hoop, de Thielt, furent massacrés par les indigènes à Rumonge.

En 1912, Mgr Lechaptois signalera que le niveau du lac en cette année (moyenne 773,75) est 7 ou 8 m. au-dessous du niveau maximum connu par les premiers missionnaires (revue *Grands Lacs*, 15 décembre 1937) : $773,75 + 7,50 = 781,25$ (fig. 1).

Le capitaine adjoint d'État-Major Émile Storms, chef de la quatrième expédition belge dans l'Afrique orientale, s'embarqua le 27 avril 1883 à Karema, en compagnie de M. Reichard, de l'expédition allemande de l'Association Internationale Africaine. Storms se proposait d'aller établir une station sur la rive occidentale du Tanganika. Il porta son choix sur l'ancien village de Mompara et il obtint de son chef, Mpala, la propriété du cap sur lequel il construisit son « réduit », dont les murs, en briques cuites au soleil, avaient 60 cm. d'épaisseur (J. BECKER, II, p. 512).

Au cours de la même année ⁽¹⁾, l'explorateur allemand

(1) Les sondages du lieutenant Wissmann ont, en réalité, été effectués le 22 juillet 1882; le fond était constitué par de gros graviers au milieu et par du sable vers les rives (WISSMANN, p. 226). (Ajouté pendant l'impression.)

von Wissmann, mesurant l'embouchure de la Lukuga, lui trouva une largeur de 145 m., une profondeur de 4 m. et une vitesse d'un mètre par seconde, correspondant, dit M. Gillman qui cite le fait (*Hydrology.*, p. 8), à un débit de 500 à 600 m³/sec.

En tenant compte de ce que cet explorateur a probablement procédé à ses mesurages aux environs du déversoir actuel, on peut fixer le niveau du lac à cette époque vers la cote 777, étant donné que le déversoir se trouve à la cote moyenne 773 (voir n° 445 et *infra*, année 1892). Il faut noter toutefois que la largeur citée de 145 m. paraît fortement sous-estimée (voir profils en travers de la planche I).

Disons à ce propos que le 16 juin 1883, Storms visita également la Lukuga, dont il donna une description que l'on peut résumer ainsi :

Près de l'embouchure, les eaux se sont retirées sur une largeur de 1.000 à 1.500 m., et l'on remarque que le mouvement de retrait ne s'est pas fait de façon continue; on distingue très visiblement les bandes sableuses qui ont successivement formé les rives.

L'embouchure présente une largeur de 1.500 à 2.000 m. Cette entrée est libre : le ressac qui s'y était formé autrefois a disparu. Le courant est à peine perceptible. A deux kilomètres du lac, la largeur n'est plus que de 500 m.; au coude situé un peu plus loin — à 4 km. environ du lac — cette largeur est à peine de 400 m. A partir de cet endroit le courant devient très sensible. Au coude dont il vient d'être parlé, Storms se vit contraint de quitter la rive, celle-ci n'étant plus praticable. La direction des affluents est opposée à celle du courant principal dans la zone lacustre.

Après voir décrit deux coudes presque à angle droit, la Lukuga n'a plus qu'une largeur d'environ 200 m. Son courant est assez rapide. Aucune végétation aquatique

n'est visible, mais le lit paraît encombré de quartiers de roches (BURDO, pp. 528-530).

Ces chiffres cités par Storms doivent être accueillis avec réserve, car le « coude situé un peu plus loin... à 4 km. environ du lac... » ne se trouve en réalité qu'à la cumulée 2.300 m. De plus, le profil E₆ (cumulée 2.190; voir pl. I) montre que déjà avec une largeur de 300 m. le niveau des eaux y aurait dépassé la cote 780, ce qui est peu probable, vu le courant « très sensible ».

La « largeur d'environ 200 m. », après les « deux coudes presque à angle droit », donc vers les profils E₁₄-E₁₅ de la planche I, peut toutefois s'expliquer, avec un courant « très sensible ».

Tout cela montre que nous en sommes réduit à des conclusions assez vagues, fondées sur des raisonnements plutôt que sur des chiffres précis.

Nous adopterons comme niveau des eaux, en 1883, la cote 777 obtenue par la mesure de profondeur extraite de von Wissmann (fig. 1).

Les RR. PP. Moinet et Moncet, dans une relation d'un ¹⁸⁸⁴ voyage en pirogue qu'ils effectuèrent en avril-mai 1884, de Kibanga à Kapakwe, écrivent :

Depuis cinq ans, le lac a baissé son niveau de plus d'un mètre chaque année; il continue encore à baisser... (revue *Grands Lacs*, 15 décembre 1936).

Nous venons de voir qu'en 1883 le lac était à la cote 777; il se trouvait un peu plus bas en avril-mai 1884, soit 776,50 (fig. 1), et le lac aurait baissé de 783—776,50 = 6^m50 depuis les hautes eaux de 1879, soit effectivement d'un peu « plus d'un mètre chaque année » : $\frac{6,50}{5} = 1^m30$.

Les deux missionnaires ajoutaient :

Il (le lac) continue encore à baisser, mais tout porte à croire qu'il est arrivé à son minimum. La Lukuga, en effet, déverse paisiblement aujourd'hui le trop-plein du Tanganika et, à son embouchure, elle a creusé jusqu'au rocher.

Nous savons qu'en 1937, le lac, à la cote 775,43, déversait de même, c'est-à-dire « paisiblement », son trop-plein par la Lukuga. Rien d'étonnant donc à ce qu'il en fût ainsi en 1884, vers la cote 776,50.

1886 L'île de Kilindi (voir *supra*, années 1876 et 1878) est redevenue un cap (WISSMANN, p. 231).

1888 M. Theeuws adopte comme « niveau normal » du Tanganika la cote 773,20 et admet que ce niveau fut atteint vers le milieu de 1888 (*M.G.*, 1921, col. 32), mais il ne fournit pas d'autres éclaircissements sur ce niveau. Il considère au surplus cette année comme marquant la fin de l'écoulement extraordinaire consécutif à la débâcle (*M.G.*, 1921, col. 129).

D'après les cotes que nous venons de trouver pour les années 1883 et 1884, nous pensons que l'écoulement extraordinaire a dû prendre fin un ou deux ans avant la date fixée par M. Theeuws et il n'y a d'ailleurs pas de raison de croire que la chute brusque survenue entre les années 1879 et 1884 se soit poursuivie au même rythme jusque vers 1886-1888, car nous verrons plus tard que le « niveau moyen normal » du Tanganika doit se situer au-dessus de la cote 773,20 (voir notamment *infra* année 1892) (fig. 1).

1890 Mgr Bridoux écrivit que les vieilles et massives constructions de la Mission de Karema s'élèvent sur un mamelon (colline de Djiwe) d'une altitude de 13^m50 au-dessus du lac (revue *Grands Lacs* du 15 décembre 1936).

En rapprochant ce chiffre de 13^m50 de celui fourni par Cambier en 1879 (voir *supra*), le lac aurait subi une baisse de $13^m50 - 5^m50 = 8$ m. entre les deux années.

En août 1879, nous supputons que le lac était vers la cote 782; il se serait donc trouvé vers la cote 774 en 1890 (fig. 1).

En 1891, la Compagnie du Katanga envoya trois expéditions au Congo : la première sous le commandement d'Alexandre Delcommune, la seconde sous la direction du capitaine anglais W. G. Stairs, la troisième sous les ordres du capitaine Bia. Stairs arriva le 14 décembre 1891 à Bunkeya, où le capitaine Bodson, son second, tomba, six jours plus tard, sous une balle d'un chef de Msiri. Stairs mourut lui-même, d'une bilieuse hématurique, à Chinde, sur l'océan Indien, le 8 juin 1892.

Du 9 septembre (Karema) au 31 octobre 1891 (Mpala), Stairs avait séjourné au Tanganika (*M.G.*, 1892, p. 62), et, dans une correspondance datée de Bunkeya, le 15 décembre 1891, il s'exprime comme suit (*M.G.* du 31 juillet 1892, p. 70) :

D'après plus de trois douzaines d'observations, au sujet de l'altitude du lac Tanganika, faites avec les baromètres anéroïdes et mercuriels et des thermomètres à ébullition, je place ce lac à 821 mètres au-dessus du niveau de la mer. Cela coïncide avec les observations plus récentes de Thomson et d'autres voyageurs.

Ce lac continue à baisser, et, bien que pendant le séjour du capitaine Cambier à Karema les eaux baignaient les rochers au pied de la station, elles se sont retirées actuellement jusqu'à 819 mètres de la station, avec un changement de niveau d'exactement 5^m79. L'opinion des indigènes est que, dans deux ans, le lac recommencera à monter et que la période de la baisse et de la hausse alternatives est de quinze ans. Un chef m'a dit à Karema qu'il avait vu, depuis sa naissance, le lac baisser deux fois et s'élever une fois. J'ai calculé son âge du mieux que j'ai pu, et il devait, je pense, avoir plus de cinquante ans.

Notons tout d'abord que la hausse dont parle le « chef » est celle de 1846 à 1878 et que l'une des deux baisses a suivi la débâcle. Peut-on en déduire qu'une autre « baisse » se serait produite avant 1846, alors que le « chef » était un bébé de 2-3 ans ? Ce souvenir du chef constitue en tout cas un argument bien fragile.

Quant aux chiffres fournis par le capitaine Stairs pour le retrait des eaux depuis le séjour du capitaine Cambier (seconde moitié de 1879) jusqu'en septembre 1891, leur caractère de très grande précision n'est qu'apparent et résulte sans doute d'une conversion de mesures anglaises ($5^m79 = 19$ pieds).

On arrive ainsi (voir année 1879) à la cote 781,50—5,80 = 775,70 (fig. 1).

M. Theeuws a montré que les cotes obtenues par déduction à partir des mesurages de Stairs étaient fortement exagérées (*M.G.*, 1921, col. 128).

1892 Le 30 août, Alexandre Delcommune se rendit à l'entrée de la Lukuga, accompagné du lieutenant Jacques, du capitaine Joubert, de l'ingénieur Norbert Diderrich et du sergent Florent Cassart. Il en donne la description suivante dans *Vingt Années de Vie africaine* (II, p. 478):

A son commencement, la vallée de la Lukuga mesure 500 m. environ, pour se rétrécir, à un kilomètre à peine plus loin, à 100-120 m.

Un long et étroit banc de sable et une quantité considérable d'herbes aquatiques séparent cette vallée du lac Tanganika. Une ouverture de quelques dizaines de mètres forme la jonction de leurs eaux, et là, l'eau n'atteint que le genou; le courant est insignifiant et, à cette époque, il semblait (car une légère brise soufflait) se diriger vers le lac...

En se basant sur une « cote moyenne du fond vers le thalweg sur le seuil de la Lukuga », de 771,95 (*M.G.*, 1921, col. 131), M. Theeuws a supputé qu'à l'étiage de 1892 le lac devait être à la cote 772,50 (*M.G.*, 1921, col. 128).

Or, nous savons actuellement (voir *infra*) qu'à la partie supérieure du déversoir le « col » du thalweg est à la cote $\pm 772,50$ (fig. 7). Ajoutons à ce propos que, dans une note du 8 mars 1919 dont nous venons seulement d'avoir connaissance, M. Theeuws écrit (28°) « qu'il procéda, le

23 mars 1918, à des sondages sur le déversoir et trouva un minimum de 2^m40 ». Or, le 23 mars 1918, le lac était à 774,25. En faisant abstraction de l'abaissement de l'axe hydraulique dans l'exutoire, on obtiendrait ainsi la cote 771,85 sur le col du déversoir.

Nous savons aussi que le « seuil » est stable et devons en inférer que lorsque M. Theeuws, en 1919, « a pris la moyenne de plusieurs sondages » pour trouver « une cote moyenne du fond vers le thalweg » égale à 771,95, il se trouvait très vraisemblablement en aval du seuil, et non sur le seuil lui-même.

Nous devons signaler au surplus que ce n'est pas par quelques sondages isolés que l'on peut se faire une idée d'un « fond rocheux dont les intervalles sont tapissés de sable » et qui se trouve recouvert de plus de 2 m. d'eau, comme ce fut le cas dans la région considérée par M. Theeuws en 1919. En effet, chacune des situations levées par la brigade d'études du Service des Voies Navigables depuis 1934 a nécessité plusieurs milliers de sondages, et si nous limitons la notion de « déversoir » à la région où les fonds se trouvent au-dessus de la cote 772, nous dirons simplement que pour pouvoir tracer le profil en long de la rivière dans cette seule région, qui se développe sur un kilomètre de longueur environ, il faut lever une trentaine de profils en travers, avec, dans chacun d'eux, de 20 à 70 coups de sonde.

On comprend dès lors que la cote 771,95 trouvée par M. Theeuws soit trop basse.

Les levés détaillés effectués à l'embouchure de la Lukuga par le Service des Voies Navigables de la Colonie en février 1934, juin 1935, janvier 1937 et juin 1937 nous permettent de fixer comme suit la cote du déversoir (profil E₁ de la figure 6) :

Cote moyenne du fond	773,10
Cote la plus basse	± 772,50.

Les cotes supputées par M. Theeuws pour le niveau du lac pendant la période postérieure à 1888, c'est-à-dire celle qui a suivi la baisse brusque consécutive à la débâcle, ont été calculées en fonction de la cote 771,95 qu'il attribua au seuil.

Nous savons maintenant que ce plan de référence doit être porté au moins à la cote 772,50, ce qui aura pour conséquence de majorer d'une cinquantaine de centimètres les cotes de M. Theeuws pendant la période considérée.

En examinant le diagramme de la figure 1, il serait d'ailleurs assez inexplicable de voir pendant toute la partie comprise entre la fin de la débâcle et la période où nous avons des cotes relevées exactement, ou estimées autrement qu'en fonction du « seuil 771,95 », de voir donc, de 1888 à 1900, le niveau du lac osciller entre 772,10 et 773,50, puis de le voir monter et osciller toujours au-dessus de 772,90.

C'est ainsi que nous sommes amené à porter à la valeur 773 la cote donnée par M. Theeuws pour le niveau du lac à l'étiage de 1892 (fig. 1).

1894 Étant donné que depuis la débâcle le Tanganika n'a jamais cessé de s'écouler, M. Theeuws admet que le seuil du déversoir — pour lequel il avait fixé la cote 771,95 (voir *supra*, année 1892) — constitue l'extrême limite au-dessous de laquelle le niveau du lac n'a pu redescendre.

Il a été conduit, dès lors, à se demander quel avait été le plus bas niveau atteint effectivement par le lac depuis la débâcle.

Ses calculs le conduisirent à fixer ce niveau à la cote 772,10 ⁽¹⁾, « vers la fin de la première décade 1890-1900 » (M.G., 1921, col. 131).

(1) M. HEINRICHS (*Les Fluctuations*, p. 373) cite, d'après Gillman, la cote 769,90 : elle est exprimée dans le système des autorités du Tanganyika Territory. Dès lors, il ne peut attribuer au lac, pour 1933, le niveau 774,50, car c'est dans le système de référence du C. F. L. que ce chiffre correspond sensiblement à la cote moyenne du lac pour cette année.

Compte tenu des considérations émises *supra*, pour l'année 1892, nous « forcerons » cette cote d'une cinquantaine de centimètres, soit 772,50 en chiffre rond (fig. 1).

C'est à partir de cette année que nous trouvons des indices corroborant l'hypothèse de M. Theeuws que le niveau le plus bas a été atteint en 1894.

Le lieutenant Ramsay, qui fonda la station allemande d'Udjidji en 1896, adressa à la date du 1^{er} août une lettre publiée par la *Kolonialblatt*, qui contient ce passage :

Par suite de la baisse des eaux du Tanganika, le village d'Udjidji, qui, il y a une quinzaine d'années, touchait au lac, en est maintenant éloigné d'environ 100 m. Depuis deux ans le niveau des eaux ne descend plus. Des indigènes affirment même qu'il tend à s'élever (*M. G.* du 20 décembre 1896, col. 616).

M. Wallace, voyageur anglais qui a séjourné plusieurs mois dans la région du Tanganika, envoya le compte rendu suivant à la Société de Géographie de Londres :

Le niveau du Tanganika s'est abaissé considérablement depuis 1887. A cette époque, le steamer *Good News* jetait encore l'ancre là où à l'heure actuelle sont établis des jardins... A Tembwe il a constaté la présence d'anciennes baies dont le niveau est à 4^m80 au-dessus de celui du lac... A Kituta, à l'extrémité méridionale, on n'a pas constaté de différence de niveau depuis 1870,... car ce qui était encore de la terre ferme en 1890 est devenu marécage (*M. G.* du 11 juin 1899, col. 284).

La dernière partie de phrase laisse supposer que les eaux avaient remonté légèrement.

Dans le même compte rendu, M. Wallace ajoute qu'il a entendu dire par les Pères Blancs que la Lukuga aurait présenté une barre à la sortie du lac et que les eaux auraient cessé de passer au-dessus. Nous n'avons trouvé aucune confirmation de ce fait.

D'après un article du D^r KNEIPS, dans la *Deutsche Kolonial Zeitung* de 1913 (cité par le *Conseiller Congolais* de

novembre 1936), la Lukuga aurait eu peu de courant et une profondeur d'eau d'environ 30 centimètres. Le fait est confirmé par MOORE (*To the Mountains...*, p. 132).

Nous nous retrouvons ainsi à peu près dans la situation décrite par Delcommune pour 1892 (voir *supra*): la cote des basses eaux 1898 devait donc être aux environs de 773 (fig. 1).

Citons encore l'extrait suivant d'une lettre du R.P. Schmitz datée de San-Vitori de Tembwe, 20 août 1898 :

... Autrefois, les eaux du Tanganika baignaient la base de la colline que surmonte le poste; depuis, le niveau du lac a baissé de 12 m.; aussi San-Vitori domine aujourd'hui une vaste plaine (*M. G.* du 1^{er} janvier 1899, col. 6).

Le chiffre de 12 m. est un peu fort (entre le niveau maximum de 784 m. et la « moyenne » de 1898, il y a 10^m50), mais l'estimation n'est évidemment qu'approximative.

1899 Le capitaine Descamps, qui a séjourné longtemps au bord du Tanganika, fournit les « renseignements géographiques » suivants :

La Lukuga, à sa sortie du Tanganika, est à peine guéable; elle a une centaine de mètres de largeur... (*M. G.* du 16 avril 1899, col. 188).

En admettant qu'elle ait eu 1^m60 à l'endroit du gué, qui se confond donc avec la partie supérieure du seuil, où le « thalweg » est à la cote 772,30, nous pouvons adopter pour les hautes eaux 1899 la cote 774 (fig. 1).

D'autre part, une lettre du R.P. Daull, missionnaire à Karema, signale que

... Depuis 1879, le niveau du Tanganika a baissé d'au moins 8 m., d'après l'estimation du P. Moinet... (*M. G.* du 22 octobre 1899, col. 520).

En 1879, la « moyenne » était 782; celle de 1899 de 773,50; différence : 8,50.

Enfin, en novembre 1899, M. Fergusson, topographe de l'expédition Moore, écrit à la Société de Géographie de Londres :

... Nous avons visité la Lukuga à sa sortie du Tanganika... près du lac; elle affecte la forme d'un delta sablonneux parsemé de monticules de sable et par lequel les eaux s'écoulent lentement en formant plusieurs petites rivières qui se réunissent à 1^{km}5 environ du lac.

A partir de cet endroit, la Lukuga passe entre des falaises rougeâtres et a de 15 à 30 m. de largeur. Les indigènes disent qu'elle s'élargit considérablement à la saison des pluies (*M. G.* du 18 avril 1900, col. 170).

Ces renseignements (étiage) concordent assez bien avec ceux du capitaine Descamps, qui concernent sans doute la période de crue annuelle.

Le 5 mai, le capitaine Charles Lemaire, chef de la Mission Scientifique du Katanga, visita la Lukuga, qu'il 1900
décrivit comme suit : « largeur de 60 à 70 m.; aux dires des indigènes, on passe le gué par 1^m60 à 1^m70, ce qui paraît beaucoup ».

Nous obtenons donc pour les hautes eaux de 1900 la même cote qu'en 1899 (renseignements DESCAMPS; voir *supra*, année 1899), soit 774 m. (fig. 1).

Le lac est à 0^m78 plus bas qu'en 1913 (voir *infra*, année 1900-1902
1913). La moyenne du diagramme de 1913 étant de 773,90, nous devons trouver la cote 772,15 parmi les niveaux atteints en 1901 (fig. 1).

De 1902 à 1908, le lac a remonté de 1^m25 environ : les 1902
rizières du capitaine Joubert à Saint-Louis doivent être abandonnées; le hangar des Pères Blancs doit être reculé. (SCHMITZ, p. 7).

M. Theeuws est arrivé à fixer la cote de l'étiage de 1908 à 773,60 (voir *infra*), que nous forçons à 773,75 (voir année 1892). Les basses eaux de 1902 seraient ainsi à la

cote 772,50, ce qui nous ramènerait au « niveau le plus bas » de 1894... (fig. 1).

1906 La cote de l'étiage était 773 : pierre dans le lac, devant l'allée principale de Karema (*M.G.*, 1921, col. 131) (fig. 1).

1908 Des 17 îlots comptés par Livingstone en 1869 dans la baie de Nganza (voir *supra*, année 1858), 8 seulement subsistent (SCHMITZ, p. 7) : Katenga, Kabwenganza, Kasenge et Kilindi sont rattachés à la côte (fig. 2 c).

A Karema, une « rangée de pierres autrefois hors de l'eau et en deçà desquelles on abritait parfois de petites embarcations » ont montré que l'étiage de 1908 était à 1^m10 au-dessus du « niveau le plus bas » atteint en 1894 (*M.G.*, 1921, col. 130-131).

L'étiage de 1908 est donc à la cote $772,50 + 1,10 = 773,60$, mais pour tenir compte des renseignements fournis *sub* année 1902, nous prendrons 773,75 comme étiage de 1908 (fig. 1).

1909 En 1909, les autorités allemandes décidèrent de prolonger leur chemin de fer jusqu'à Kigoma et commencèrent des observations régulières sur le lac.

De 1909 à 1913, le niveau serait remonté de 25 cm. à Karéma (d'après *Geographische Zeitschrift et Mitteilungen aus der Deutschen Schutzgebieten*, cité par *M.G.* du 14 septembre 1913, col. 454).

Depuis 1909 jusqu'en 1916, nous adoptons les chiffres fournis par M. GILLMAN (*Hydrology...*, annexe I), et qui proviennent, sauf quelques lacunes indiquées en pointillé, des relevés de l'Administration allemande. Il a été tenu compte, bien entendu, de la correction de 2^m24, expliquée dans le chapitre « Altitude et plan de référence » (n° 129).

Il convient de signaler que le maximum de 1909 (775,18) est sujet à caution, ayant été fixé d'après « les déclarations verbales du mécanicien d'un petit bateau allemand » (GILLMAN, p. 9).

A la fin de la saison sèche 1910, le D^r Schwetz signala ¹⁹¹⁰ que la Lukuga mesurait de 30 à 40 m. à son embouchure et qu'elle atteint parfois le double, pour se rétrécir, dans certains endroits, jusqu'à une douzaine de mètres; il descendit en pirogue jusqu'à Katumbi, à une dizaine de kilomètres du lac (*M.G.* du 6 octobre 1912, col. 543).

La brigade d'études du chemin de fer allemand de Dar-es-Salam aboutit à Kigoma dans le courant de cette année.

La brigade d'études du Troisième Tronçon des Grands ¹⁹¹² Lacs (voie ferrée de Kabalo à Albertville) arriva au Tanganyika en novembre 1912. Les eaux étaient à la cote 773,40.

Kigoma étant tombé entre les mains de nos troupes le ¹⁹¹⁶ 28 juillet 1916, les autorités militaires belges y assurèrent les lectures de l'échelle d'étiage.

De 1918 à 1921 compris, la figure 1 reproduit le dia- ¹⁹¹⁸ gramme établi par le C.F.L., d'après les observations de l'échelle d'Albertville.

CHAPITRE III

300

REGIME ACTUEL DU TANGANIKA.

310

Fluctuations saisonnières.

311

Depuis 1922, les lectures de l'échelle d'Albertville ont été effectuées journalièrement sans interruption. Le diagramme de la figure 1 a été complété en tenant compte de ces lectures, que le graphique de la figure 4 traduit de façon plus détaillée.

Ces diagrammes font apparaître que le niveau des eaux présente annuellement un maximum vers les mois d'avril-mai et un minimum vers octobre-novembre.

Ces fluctuations saisonnières avaient déjà attiré l'attention de Stanley, qui, le 27 décembre 1871, accompagné de Livingstone, avait quitté Udjidji en pirogue, vers le Sud du lac, pour retourner ensuite vers la côte orientale. A la date du 2 janvier 1872, un peu au-dessous de l'embouchure de la Malagarazi, Stanley nota, en effet, qu'« au versant du rocher, dont la surface était lisse, on distinguait nettement la trace de l'eau à trois pieds de hauteur au-dessus du niveau actuel; preuve évidente que dans les saisons pluvieuses, le Tanganika monte d'environ un mètre, que l'évaporation lui enlève pendant la saison sèche... » (*Comment...*, p. 459.)

312

M. HEINRICHS (*Les Fluctuations...*, p. 376) a trouvé pour l'amplitude moyenne annuelle 0^m75 pour 15 ans d'observations à Kigoma et 0^m826 pour 13 ans d'observations à Albertville. Les chiffres qu'il fournit (p. 375, tableau) comme amplitudes à Albertville en 1930 et 1931 sont erronés; ils ne correspondent d'ailleurs pas avec les indications graphiques de sa planche III.

En fait, les amplitudes sont les mêmes pour les diffé-

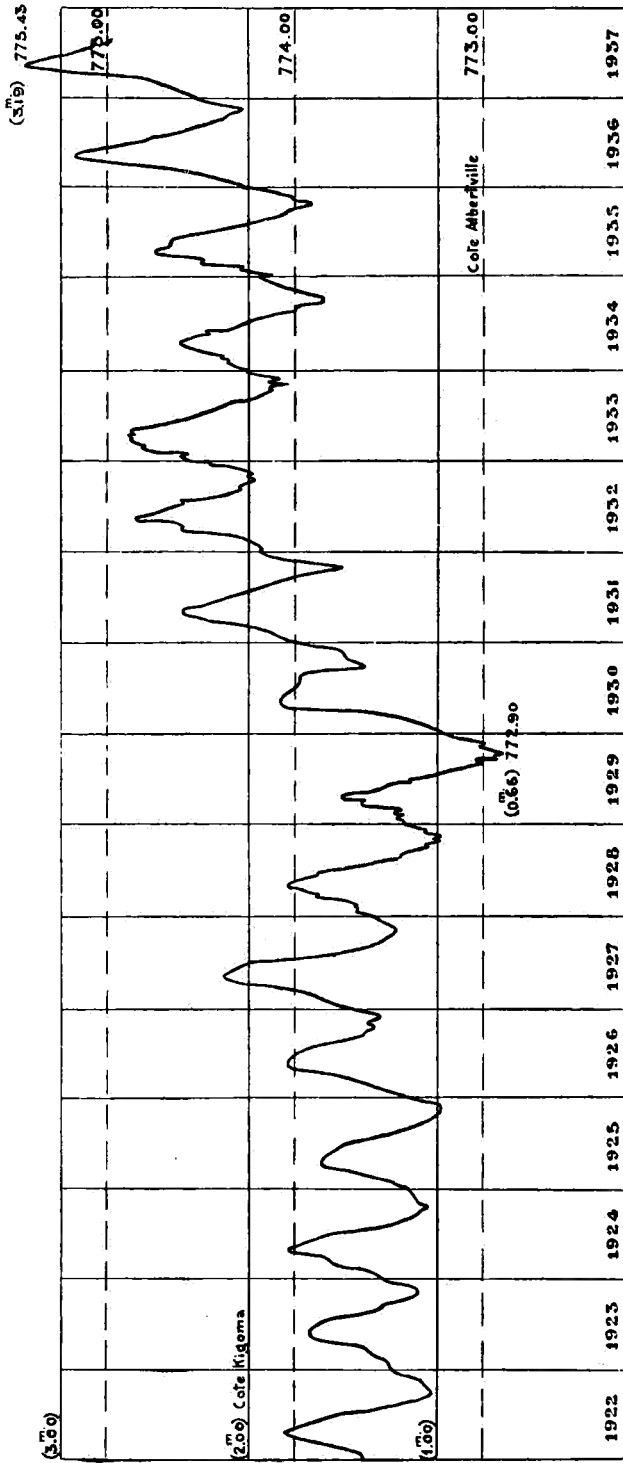


FIG. 4. — Diagramme du niveau du Tanganyika, observé de 1922 à 1937.

rents points d'observation (Albertville, Kigoma, Uvira, Usumbura), comme nous le montrons ci-après :

313 **Albertville.**

Le tableau I résume les observations effectuées de 1922 à 1937 et dont les résultats sont portés sur la figure 4; le tableau et le graphique ont été établis en dépouillant les feuillets de lectures journalières, sauf pour les années 1923 à 1927, 1930 et 1931, pour lesquelles nous avons dû avoir recours à un graphique communiqué par le C. F. L.

TABLEAU I.
Observations du niveau du lac à Albertville.

Années	Hautes eaux	Basses eaux	Amplitudes		Années	Hautes eaux	Basses eaux	Amplitudes	
			Descente	Montée				Descente	Montée
1922	774,06	—	0,79	—	1930	774,08	—	—	1,18
	—	773,27	—	0,65			—	3,61	0,47
1923	3,92	—	0,58	—	1931	4,62	—	—	1,01
	—	3,34	—	0,70			—	3,75	0,87
1924	4,04	—	0,75	—	1932	4,87	—	—	1,12
	—	3,29	—	0,58			—	4,20	0,67
1925	3,87	—	0,65	—	1933	4,90	—	—	0,70
	—	3,22	—	0,84			—	4,01	0,89
1926	4,06	—	0,51	—	1934	4,62	—	—	0,61
	—	3,55	—	0,85			—	3,85	0,77
1927	4,40	—	0,95	—	1935	4,76	—	—	0,91
	—	3,45	—	0,61			—	3,90	0,86
1928	4,06	—	0,86	—	1936	5,16	—	—	1,26
	—	3,20	—	0,56			—	4,26	0,90
1929	3,76	—	0,86	—	1937	5,43	—	—	1,17
	—	2,90	—	—			—	—	—

Amplitude moyenne : descente, 0^m76; montée, 0^m85; moyenne générale, 0^m805.

Kigoma.

314

Nous possédons les niveaux des hautes eaux et des basses eaux annuelles à Kigoma pour la période 1923-1933; ces renseignements nous sont fournis jusqu'en 1931 par l'étude de M. Gillman, et pour 1932-1933, par un graphique qui nous a été transmis par les Tanganyika Railways, par l'intermédiaire du consul général de Belgique à Nairobi.

Le tableau II donne la comparaison avec Albertville.

TABLEAU II.

Comparaison des lectures d'échelles à Albertville et à Kigoma.

Années.	KIGOMA		ALBERTVILLE		Différences.	Amplitude à Kigoma.
	Basses eaux.	Hautes eaux.	Basses eaux.	Hautes eaux.		
1923. .	773,92 —	— 773,34	771,76 —	— 771,11	2m26 2m23	0m65 0m69
1924. .	4,04 —	— 3,29	1,80 —	— 1,05	2m24 2m24	0m75 0m53
1925. .	3,87 —	— 3,22	1,58 —	— 0,90	2m29 2m32	0m68 1m00
1926. .	4,06 —	— 3,55	1,90 —	— 1,30	2m16 2m25	0m60 0m80
1927. .	4,40 —	— 3,45	2,10 —	— 1,30	2m30 2m15	0m80 0m65
1928. .	4,06 —	— 3,20	1,95 —	— 1,15	2m11 2m05	0m80 0m47
1929. .	3,76 —	— 2,90	1,62 —	— 0,78	2m06 2m12	0m84 1m21
1930. .	4,08 —	— 3,61	1,99 —	— 1,45	2m09 2m16	0m54 0m95
1931. .	4,62 —	— 3,75	2,40 —	— 1,57	2m22 2m18	0m83 1m02
1932. .	4,87 —	— 4,20	2,59 —	— 2,00	2m28 2m20	0m59 0m62
1933. .	4,90	—	2,62	—	2m28	
			Moyenne à Kigoma.		2m20	0m751

Pour la période décennale considérée, l'amplitude moyenne à Albertville est 0^m766, soit, à 15 mm. près, la même qu'à Kigoma.

D'autre part, la différence moyenne entre les cotes lues aux deux échelles est de 2^m20, soit, à 4 cm. près, la différence théorique trouvée au numéro 129. Le plus grand écart est de 0^m15 (hautes eaux 1928).

315 Usumbura.

Cette échelle fait l'objet d'observations journalières depuis le 4 novembre 1935.

Le tableau III donne la comparaison des cotes lues, deux fois par mois, à Albertville et à Usumbura, de janvier 1936 à mai 1937.

TABLEAU III.

Comparaison des lectures d'échelles à Albertville et à Usumbura.

Dates	Albertville 770 +	Usa	Différence 770 +	Dates	Albertville 770 +	Usa	Différence 770 +	Dates	Albertville 770 +	Usa	Différence 770 +
1-1-36	4,19	0,70	3,49	1-7-36	4,81	1,40	3,41	1-1-37	4,48	1,40	3,48
16-1-36	4,30	0,80	3,50	16-7-36	4,71	1,30	3,41	16-1-37	4,50	1,10	3,40
1-2-36	4,37	0,90	3,47	1-8-36	4,61	1,20	3,41	1-2-37	4,66	1,15	3,51
16-2-36	4,50	0,95	3,55	16-8-36	4,52	1,10	3,42	16-2-37	4,69	1,20	3,49
1-3-36	4,53	1,05	3,48	1-9-36	4,48	1,00	3,48	1-3-37	4,70	1,25	3,45
16-3-36	4,65	1,15	3,50	16-9-36	4,40	1,00	3,40	16-3-37	4,82	1,35	3,47
1-4-36	4,74	1,25	3,49	1-10-36	4,35	0,95	3,40	1-4-37	4,91	1,50	3,41
16-4-36	4,95	1,45	3,50	16-10-36	4,33	0,85	3,48	16-4-37	5,15	1,65	3,50
1-5-36	5,15	(¹)	—	1-11-36	4,28	0,80	3,48	1-5-37	5,33	1,85	3,48
16-5-36	5,10	(¹)	—	16-11-36	4,27	0,80	3,47	16-5-37	5,34	1,95	3,39
1-6-36	4,97	1,50	3,47	1-12-36	4,33	0,85	3,48				
16-6-36	4,86	1,45	3,48	16-12-36	4,40	0,90	3,50				

(¹) Les lectures d'Usumbura, pour mai 1936, sont défectueuses.

La différence moyenne est de **773^m46**, cote à attribuer au zéro de l'échelle d'Usumbura; celui-ci se trouve donc à **1^m22** au-dessus de celui de l'échelle de Kigoma.

La plus petite différence est **773,39**; la plus grande **773,55**, soit un écart maximum de **0^m09**.

Les niveaux extrêmes atteints en **1936** et **1937** sont respectivement :

A Albertville :		Amplitude.
Basses eaux 1936 : le 18 novembre	774,26	} 1 ^m 17
Hautes eaux 1937 : du 19 au 21 mai	775,43	

A Usumbura :		
Basses eaux 1936 : du 30 octobre au 27 novembre	0,80	} 1 ^m 20
Hautes eaux 1937 : du 18 au 31 mai	2,00	

Les lectures d'Usumbura ne se faisant qu'au demi-décimètre près, les amplitudes doivent être considérées comme égales.

Signalons encore que les services du Ruanda-Urundi ont adopté pour les nivellements locaux un système dans lequel le pilier d'Usumbura a la cote **801,75**, soit **2^m82** de plus que la cote admise par M. Maury (n° 124). Le zéro de l'échelle d'étiage se trouve dans ce système à la cote **773,10**, soit **0^m36** de moins que dans le système que nous adoptons (chemin de fer allemand et C. F. L.).

Uvira.

316

Le tableau IV donne la comparaison entre les lectures faites à Albertville et au port d'Uvira (Kalundu) le dernier jour de chaque mois, de mars **1932** à juin **1933** (lectures effectuées à Uvira par l'entreprise de construction du port). Depuis le 1^{er} janvier **1937**, l'échelle d'Uvira est lue journellement.

TABLEAU IV.

Comparaison des lectures d'échelles à Albertville et à Uvira.

Dates	Albertville	Uvira	Diff.	Dates	Albertville	Uvira	Diff.
31-3-32	774,60	774,55	0,05	30-11-32	774,25	774,10	0,15
30-4-32	4,69	4,65	0,04	31-12-32	4,41	4,22	0,19
31-5-32	4,78	4,60	0,18	31-1-33	4,52	4,52	0,00
30-6-32	4,65	4,50	0,15	28-2-33	4,74	4,53	0,16
31-7-32	4,49	4,32	0,17	31-3-33	4,00	4,68	0,18
31-8-32	4,33	4,20	0,13	30-4-33	4,86	4,75	0,11
30-9-32	4,28	4,09	0,19	31-5-33	4,70	4,55	0,15
31-10-32	4,20	4,05	0,15	30-6-33	4,51	4,45	0,06

La différence moyenne est de 0^m13; elle résulte d'une erreur commise dans le placement de l'échelle d'Uvira; le transport de cote s'étant fait par le plan d'eau du lac, les lectures devraient être égales.

Cette erreur de 0^m13 se retrouve dans les cotes des ouvrages du port.

En effet, le niveau prévu pour l'arête du quai est 776,50; nous avons fait placer au début de 1937 une échelle d'étiage dont le zéro se trouve à 4^m86 sous cette arête. La différence a été prise égale à 4^m26, afin que le zéro se trouve à la cote 772,24 et que l'échelle fournisse des lectures égales à celles de Kigoma.

Or la comparaison avec l'échelle d'Albertville a fait apparaître les différences suivantes :

le 16 mai 1937	775,34 — 2,96 = 772,38
le 1 juin 1937	775,37 — 3,00 = 772,37
le 16 juin 1937	775,31 — 2,91 = 772,40
le 31 juin 1937	775,26 — 2,87 = 772,39

Moyenne : 772,38

L'arête du quai, correspondant à la lecture 4,26 de l'échelle, se trouve donc à la cote 776,64; la différence avec la cote portée aux plans (776,50) est de 0^m14, soit, à un centimètre près, l'erreur que font apparaître les lectures de 1932-1933.

Il en résulte que toutes les cotes portées aux plans du port d'Uvira doivent être majorées de 0^m15, en arrondissant au demi-décimètre : le terre-plein se trouve à la cote 776,65 et non 776,50; le fond du bassin est dragué à la cote 769,40 et non 769,25; l'échelle d'étiage doit donc être descendue de 0^m15 pour la mettre en concordance avec celle de Kigoma.

En résumé, les fluctuations saisonnières du lac sont les mêmes à Albertville, Kigoma, Usumbura et Uvira : elles consistent en une hausse d'octobre à mai et une baisse de mai à octobre; leur amplitude moyenne est de 0^m80 pour la période 1922-1937.

Variations de courte période.

320

Les écarts que l'on enregistre pour un même jour, dans les lectures des différentes échelles du lac, et qui sont de l'ordre du décimètre, doivent être attribués pour une part à l'imprécision des observations, pour une part à des mouvements à courte période, résultant de l'influence des vents, des différences de pression barométrique, etc...

C'est ainsi qu'en certains points du lac, et notamment à la tête de la Lukuga, se manifestent des gonflements brusques des eaux, qui peuvent atteindre une dizaine de centimètres et qui disparaissent au bout d'un petit temps : quelques minutes, parfois une heure. On constate de ces gonflements en plusieurs endroits du fleuve Congo, par exemple à l'amont des rapides de Léopoldville et à Matadi. Ils ont probablement des causes qui sont en relation avec celles des seiches que l'on observe sur plusieurs lacs ainsi que dans la Méditerranée et l'Adriatique. Les seiches sont

causées par des variations brusques de la pression atmosphérique et leurs lois de propagation et d'oscillation sont connues (RICHARD, p. 108; ROLLET DE L'ISLE, pp. 241-246; EYDOUX, *Cours...*, p. 131).

Les seiches sont entretenues et amplifiées par des phénomènes de résonance : celles du lac Lemman dépassent 1^m50 en amplitude; dans le canal d'Euripe, entre la Grèce et l'île d'Eubée, elles provoquent des courants (BOUASSE, pp. 158 et 167).

323 Au Tanganika, ces variations de courte période ne pourraient être étudiées que par le dépouillement de diagrammes limnigraphiques; elles sont d'ailleurs sans importance pratique.

330

Amplitude des variations.

331 D'après le graphique reproduit à la figure 1, on remarque que depuis 30 ans le niveau du Tanganika oscille entre les cotes 772.90 (1929) à 775.43 (1937), c'est-à-dire que l'amplitude des variations est de 2^m53. Si l'on ajoute foi à la cote 772,50 trouvée pour le « niveau le plus bas atteint » en 1894, on constate qu'en ces cinquante dernières années l'amplitude des oscillations n'a pas dépassé 3 m.

Ces variations sont faibles, car tous les ports fluviaux de notre Colonie sont construits pour s'adapter à des variations de niveau beaucoup plus grandes (voir n° 475), et les déboires que l'on enregistre sur les rives du Tanganika sont dus, non pas aux « caprices du lac », mais à l'ignorance dans laquelle se sont trouvés les auteurs de projets concernant les conditions auxquelles devaient faire face les ouvrages qu'ils concevaient.

CHAPITRE IV

LA LUKUGA, DÉVERSOIR DU LAC. 400

Historique. 410

Lorsque Cameron découvrit la Lukuga aux hautes eaux 411
de 1874, il la « descendit » sur 4 ou 5 milles (environ
7 km.), jusqu'à un barrage de végétation qui l'empêcha
d'aller plus loin (voir n° 200, année 1874). La rivière avait
là 3 brasses de profondeur (5^m40), 600 yards de large
(540 m.) et une vitesse de 1,5 nœud (0.77 cm./sec.).

Le 16 juillet 1876, STANLEY nota à son tour (*A travers...*, 412
II, p. 53) :

A son embouchure, la Lukuga avait une largeur d'environ
2500 yards; elle se rétrécit à 800 yards au bout d'un mille, et à
un autre mille en amont ne présente plus qu'une largeur de
400 à 500 yards...

L'extrémité de l'eau ouverte n'avait plus que 40 yards de
large... Je cherchai, avec un niveau portatif (*sic*), à savoir s'il
existait un courant: le niveau n'en démontra aucun...

La divergence entre ces deux observations concernant
le courant a conduit M. Theeuws à émettre l'hypothèse
que sans doute depuis quelque temps avant la débâcle de
1878 le lac avait déjà commencé à perdre son eau par la
Lukuga (*M. G.*, 1920, col. 673).

Stanley nous a laissé un excellent croquis de ce qu'il a 413
appelé la crique de la Lukuga (fig. 3), et la comparaison
avec la situation actuelle (planche I) permet de faire les
constatations suivantes :

a) La « barre extérieure de sable » recouverte de 4 pieds
d'eau en 1876 n'est autre que le cordon littoral formé par

le mouvement des alluvions qui cheminent du Sud au Nord sous l'effet du vent dominant du secteur S.-S.E.;

b) Le coude brusque qui se trouve indiqué sur le croquis de Stanley à 2 milles du lac (3.200 m.) se retrouve sur nos cartes à la cumulée 2.300;

c) Stanley mentionne le commencement du barrage à 5,5 milles du lac (9 km.); Cameron citait de 4 à 5 milles (6,4 à 8 km.); mais nous pensons que ces distances sont exagérées et qu'il faut situer le début de l'ancien barrage vers la cumulée 6 km., à l'emplacement de ce que nous appelons le seuil de Kiputa-Mondala. Nous estimons également que les 4 milles que Stanley attribue à la largeur du barrage doivent se réduire à ± 5 km., ce qui mettrait la source du « Luindi » vers la cumulée 11,5 km., soit à un peu plus d'un kilomètre en aval du passage, à Greiner-ville, de la route Albertville-5° parallèle (Kimbi).

- 414 A l'emplacement de l'ancien barrage, c'est-à-dire entre les kilomètres 6 et 11,5 à partir du lac ⁽¹⁾, le fond de la Lukuga se trouve actuellement entre les cotes 771 et 769, alors qu'un seuil compris entre les cotes 772 et 773, et qui s'étend sur un kilomètre environ de longueur, existe à la tête même de la Lukuga.

Le « barrage » et le « seuil » sont donc deux choses tout à fait distinctes.

- 415 C'est à propos de ce « seuil » qu'il a été beaucoup discuté en ces derniers temps; on a cru que la section du déversoir n'était pas immuable et que « la cote de son thalweg variait suivant que le fond de la rivière s'engraissait plus ou moins avec les sables et graviers entraînés par le courant ».

Cette opinion reposait sur les résultats d'investigations

(1) Et non « le long des 5 premiers km. dans la vallée », comme l'écrit M. HEINRICHS (*Les Fluctuations*, p. 8).

hâtives auxquelles il avait été procédé en 1913, 1917, 1919 et 1931.

Au cours des recherches entreprises en 1913 en vue du choix d'un emplacement favorable pour l'établissement d'un port, l'hydrographe Mauritzen dressa la carte de l'embouchure de la Lukuga et arriva à la conclusion que « le fond était constitué d'un conglomérat inégal et crevassé, se relevant graduellement du lac vers le déversoir, où la profondeur moyenne n'était que de 0^m80. Les crevasses étaient remplies de sable ».

Au moment de ces observations (21-28 janvier 1913), le lac était au niveau 773,70; on en déduit que le *fond du déversoir était à la cote moyenne 772,90*.

Des sondages de M. Theeuws, en 1919, avaient révélé qu'à cette époque *la cote moyenne du thalweg était 771,95*, que le seuil était rocheux et que seuls les intervalles entre les rochers étaient tapissés de sable.

Un levé effectué en 1917 par M. Lauwers, hydrographe, confirme les renseignements de 1913 : il trouva sur la barre 1^m20 à 1^m40 sous le niveau des basses eaux de 1916 (774,00), soit environ 772,70.

Le 15 mars 1931, M. Walthert, ingénieur des Ponts et Chaussées, résidant à Albertville, a relevé à son tour deux profils transversaux de la Lukuga : le premier, à 380 m. du déversoir, considéré comme limite du lac; le second, à 2 km. en aval du premier.

Les sondages ont décelé le même terrain que celui de la falaise à Albertville : roche tendre, formée d'argile et de sable compact, se décomposant facilement sous l'influence des intempéries. Cette roche est recouverte d'une couche de sable et gravier d'un mètre d'épaisseur moyenne.

Tenant compte du niveau du lac (774,40), de la dénivellation de l'axe hydraulique (0^m105) et de la profondeur moyenne trouvée dans le premier profil (1^m62), on obtient 772,67 comme *cote moyenne du fond de ce profil*.

417 Sur la foi de ces renseignements on fut conduit à admettre que la cote du déversoir n'était pas fixe : elle avait varié de 772,90 en 1913 et 772,70 en 1917 à 771,95 en 1919, pour remonter à 772,67 en 1931.

De là à conclure que ces variations de niveau du seuil, attribuables à un engorgement de la Lukuga, n'étaient pas étrangères aux variations de niveau du lac, il n'y avait qu'un pas.

On alla même jusqu'à prétendre que les fluctuations du niveau moyen du Tanganika étaient « uniquement le reflet de l'engorgement ou du curage, ou du réengorgement de l'exutoire de la « Lukuga » ».

418 Une objection sérieuse à cette thèse résidait dans la nature rocheuse du fond, affirmée par tous les observateurs : si la Lukuga s'engorgeait au point de faire hausser le niveau du lac, le fond ne pouvait pas être rocheux pendant ces périodes d'engorgement.

Or la description de M. Mauritzen est confirmée par celle que donne le colonel MOULAERT (*La Campagne...*, p. 59) :

Au début de 1916 la flotille belge utilisait comme port un accostage dans la rivière Lukuga, à environ 600 m. en aval du déversoir du lac. Cet abri ne pouvait être considéré comme une base navale dont la principale qualité doit être de permettre aux bateaux d'entrer et de sortir par tous les temps. La Lukuga passe, en sortant du lac, sur une barrière de hauts-fonds qui ne laisse, au point le plus favorable, qu'un mètre de profondeur aux basses eaux. Un bateau de moins d'un mètre de tirant d'eau entre donc dans la Lukuga par temps calme, mais la moindre houle le fait talonner sur le fond.

En 1916, le lac se trouvait aux environs de la cote 774; la barre en question est donc bien celle que Mauritzen situait à 772,90. On ne conçoit pas que ces rochers aient pu s'abaisser d'un mètre pour que M. Theeuws ait trouvé,

en 1919, la cote 771,90, et comment leur cote aurait pu remonter à 772,67 en 1931.

D'autre part, de 1913 à 1917, bien que le fond fût stable (Mauritzen, Moulaert, Lauwers), le niveau moyen du lac avait monté de quelque 50 centimètres; de 1917 à 1919, l'approfondissement supposé d'un mètre ne s'était accompagné que d'une baisse du niveau moyen de 20 cm.: en 1919 et 1931, le niveau moyen était le même, bien que le fond eût, soi-disant, remonté de 77 cm.

La corrélation entre les variations des niveaux du seuil et du lac n'était donc rien moins que certaine et la nature rocheuse du fond conduisait à mettre en doute la réalité des variations de son niveau. 419

On acquit ainsi la conviction que la question ne pourrait être élucidée que par une étude plus approfondie du régime de la Lukuga et par l'exécution de sondages répétés en différents états des eaux.

Etudes hydrographiques récentes.

420

Le Service des Voies Navigables a entrepris depuis 1933 l'étude détaillée du régime de la Lukuga et de la variation des fonds dans cette rivière. 421

Le premier levé fut effectué de décembre 1933 à février 1934 par l'hydrographe De Keyser. La documentation réunie comprend : 422

Un plan tachéométrique au 1/5.000 de la vallée de la Lukuga, sur 10 km. environ, du lac à Greinerville;

Des levés hydrographiques au 1/1.000 des parties qui paraissent susceptibles de former « seuil » et de commander le niveau du lac : seuil de l'exutoire, seuil rocheux Walthert, seuil de Kiputa-Mondala, seuil de Lum-bala; en fait, il apparut par la suite que de ces passages,

seul celui voisin de l'exutoire constitue à proprement parler un seuil;

La détermination, par des sondages à la barre à mine, de la cote de la roche dans les régions ayant fait l'objet de levés au 1/1.000;

Un profil en long de l'axe hydraulique, repéré par rapport à **22** bornes placées en bordure de la rivière et reliées entre elles par un nivellement géométrique;

Un jaugeage au moulinet du débit de la rivière.

423 Le levé du seuil de l'exutoire fut recommencé en juin 1935 par l'ingénieur Dewert; en janvier et en juin 1937, par l'hydrographe Pauwels.

424 L'établissement du profil en long de l'axe hydraulique et la mesure de débit furent répétés à l'occasion de chacun de ces levés; en juin 1937, l'hydrographe Pauwels procéda en outre à l'établissement d'un profil en long du fond, depuis le lac jusqu'aux rapides de Greinerville; le même opérateur prolongea ce levé en aval des rapides, en août 1937.

425 D'autre part, de juillet 1935 à juillet 1937, le commandant du camp militaire d'Albertville procéda à de fréquentes déterminations du débit et du profil en long de l'axe hydraulique.

426 Enfin, en septembre 1937, l'hydrographe Pauwels détermina **20** profils en travers de la vallée, entre le lac et Greinerville.

430 **Description générale de la Lukuga (pl. I).**

431 Après un parcours d'environ 300 km., la Lukuga se jette dans le Lualaba, entre Kabalo et Kongolo, aux environs de la cote 550. La pente moyenne est donc de l'ordre de 75 cm. par kilomètre.

A sa tête, la Lukuga est une rivière de 100 à 150 m. de 432
largeur dont la moitié est envahie par la végétation, de
sorte que la largeur libre dans laquelle se concentre le
courant n'a que de 60 à 80 m. La zone d'inondation s'épa-
nouit au voisinage immédiat du lac, où la rivière est
orientée vers l'Ouest-Nord-Ouest.

Après 2,5 km. environ (cumulée 2.300) elle se heurte
à un escarpement rocheux, s'infléchit brusquement vers
le Sud-Sud-Ouest sur 1 km., puis décrit une large courbe.
pour reprendre sa direction générale Nord-Ouest jusqu'à
Greinerville (km. 10).

Sur les 9 premiers kilomètres, la pente est sensiblement 433
constante (25 cm./km.; voir tableau V); une rupture de
pente se présente à 9.250 m. environ du lac, aux rapides
de Kibamba (1).

En amont de ce point, M. De Keyser a levé en détail, 434
outre l'exutoire proprement dit, trois régions qui lui
parurent pouvoir présenter un intérêt pour l'étude des
répercussions exercées par les variations des fonds dans
la Lukuga sur les fluctuations du niveau du lac; il a
dénommé ces passages : seuil Walthert, seuil de Kiputa-
Mondala et seuil de Lumbala.

Le seuil Walthert avait été signalé en 1931 par l'ingé- 435
nieur portant ce nom, comme se trouvant à 2.380 m. du
lac, donc à proximité du premier coude brusque de la
rivière. Le « seuil » ne fut pas retrouvé; la rivière fut
levée sur 400 m. de longueur; la largeur moyenne du lit
majeur est de 150 m.; celle de la partie dégagée d'herbes,
de 40 à 70 m.; le fond est rocheux dans la partie amont de
cette région et se trouve vers la cote 771; à l'aval, au pied

(1) Un nivellement effectué depuis la rédaction du présent mémoire
a montré qu'en aval de Greinerville, la pente du fond est de l'ordre de
60 cm. par km., pour revenir ensuite à 30 cm. par km.

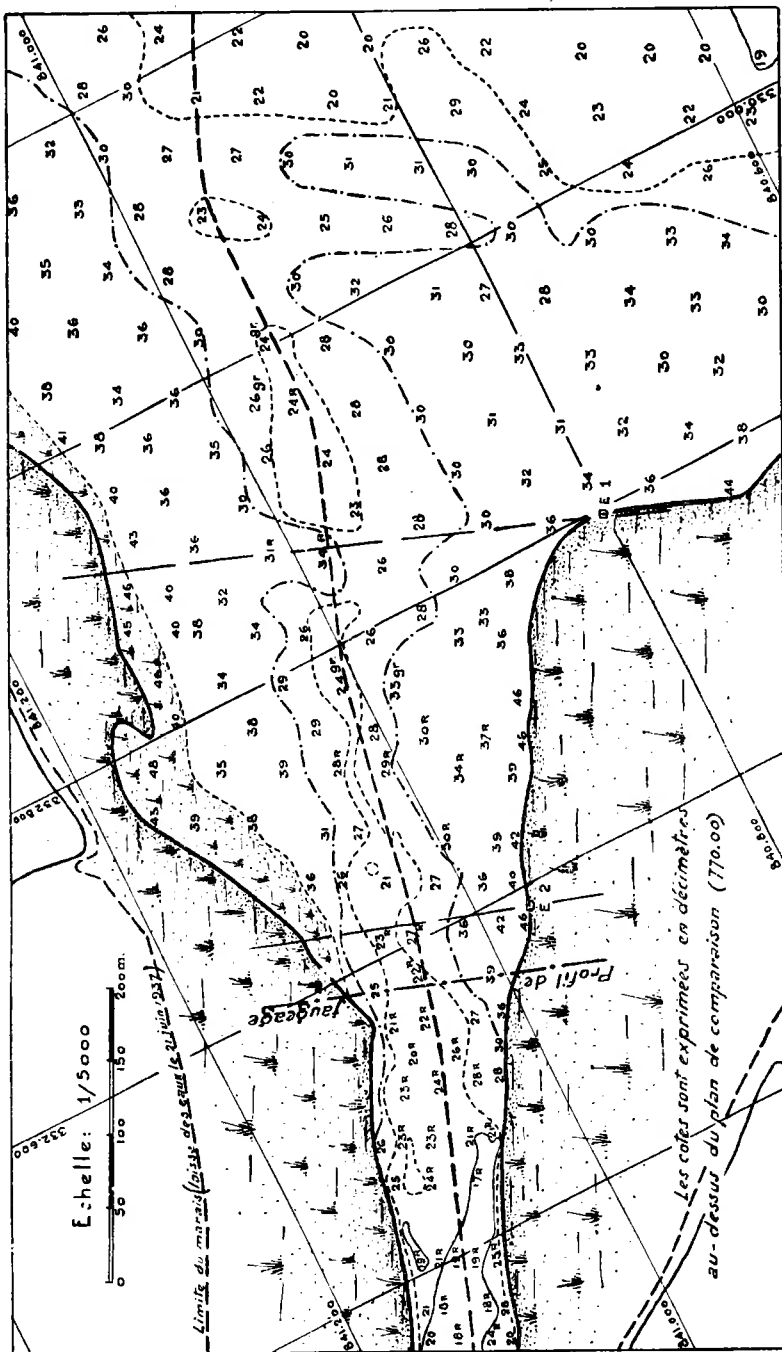


FIG. 5. — La tête de la Lukuga en juin 1937.

de l'escarpement, la roche se trouve vers la cote 768,50 et était recouverte en 1934 d'une couche de sable dont l'épaisseur atteignait 2 à 3 m. dans l'axe de la rivière.

Le seuil de Kiputa-Mondala, situé à 6 km. du lac, est une expansion du lit de la Lukuga, de 250 m. de largeur, dont la partie centrale est occupée par une île; le chenal Sud a une largeur de 20 à 30 m.; la cote maximum dans l'axe est 770,70; le chenal Nord a une largeur de 30 à 50 m.; la cote maximum dans l'axe est 771,25; dans les deux chenaux la roche affleure presque partout.

Le seuil de Lumbala, situé à 8.700 m. du lac, correspond à un affleurement du rocher entre les cotes 770 et 770,50, sur lequel la rivière s'épanouit (largeur libre : une centaine de mètres).

En 1937, M. Pauwels procéda à des sondages suivant l'axe de la rivière (sensiblement à égale distance des deux rives). La planche I reproduit le profil en long ainsi obtenu; la nature du fond concerne uniquement le sol superficiel.

On voit que des bancs rocheux affleurent au seuil de l'exutoire à proximité du lac (cote 772 à 773, fig. 7); au seuil Walthert, à 2 km. du lac, entre les cotes 771 et 771,70; au seuil de Kiputa-Mondala, à 6.200 m. du lac, aux environs de la cote 770,70, et au seuil de Lumbala, à 8.700 m. du lac, vers la cote 770,30.

La planche I donne les profils transversaux de la rivière levés en septembre 1937 par M. Pauwels, passant par les repères de nivellement E₁, E₂...

De façon générale, la rivière coule dans un lit d'alluvions (gravier, sable ou terre) déposées sur le bedrock qui affleure en de nombreux endroits dans les parties profondes du lit. Les coupures transversales creusées par les

torrents affluents montrent que la couche rocheuse est sensiblement horizontale et que les alluvions ont une grande épaisseur, principalement entre les profils E₁₂ et E₂₂, où elles constituent un vestige de l'ancien « barrage » observé par Cameron et Stanley.

440

Le seuil de l'exutoire.

441 Afin d'élucider la question de la variation de niveau du fond aux environs de l'exutoire, il fut procédé à quatre levés de ce seuil :

En février 1934; cote du lac	774,25
En juin 1935; cote du lac	774,60
En janvier 1937; cote du lac	774,55
En juin 1937; cote du lac	775,35

La figure 5 représente la dernière de ces situations.

442 On remarque la présence, à l'entrée de la rivière, d'une barre de sable dont la partie la plus basse se trouve à la cote 772,70. Cette barre est constituée par le cordon littoral que forment les sables entraînés par les vagues; celles-ci, sous l'influence des vents dominants du Sud, ont une direction oblique par rapport au rivage et font progresser les sables vers le Nord. Dans l'embouchure de la Lukuga, ce cordon est attaqué par le courant de la rivière et un état d'équilibre s'établit à un niveau qui dépend probablement de celui du lac, mais qui n'exerce pas d'influence sur la hausse ou la baisse du Tanganika.

443 Les résultats des quatre levés ne sont guère différents, malgré une variation de niveau totale du lac de 1^m10 et une variation entre les hautes eaux de 1935 et celles de 1937 de 0^m67 (775,43 contre 774,76). La seule modification appréciable réside dans un élargissement de l'entrée de la Lukuga, résultant de l'attaque de la rive Nord par les

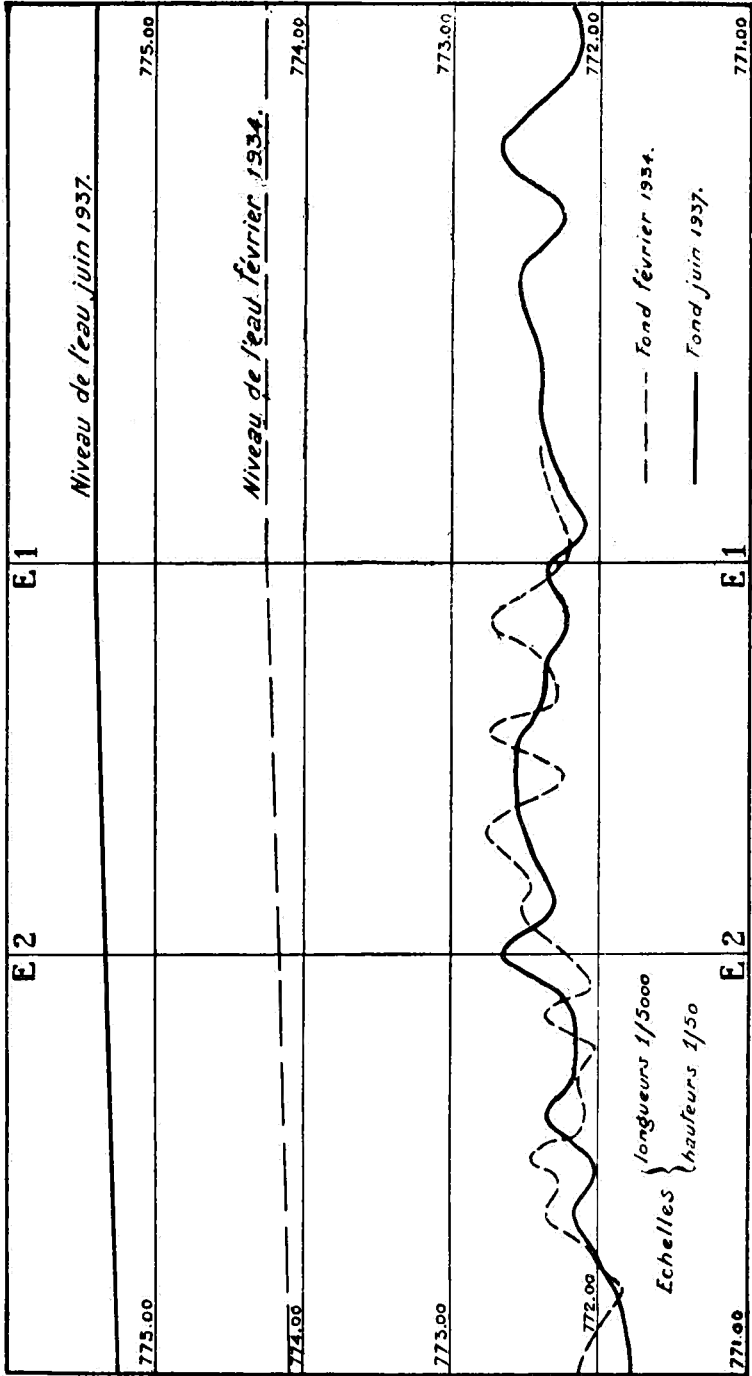


Fig. 6. — Profil en long de la tête de la Lukuga.

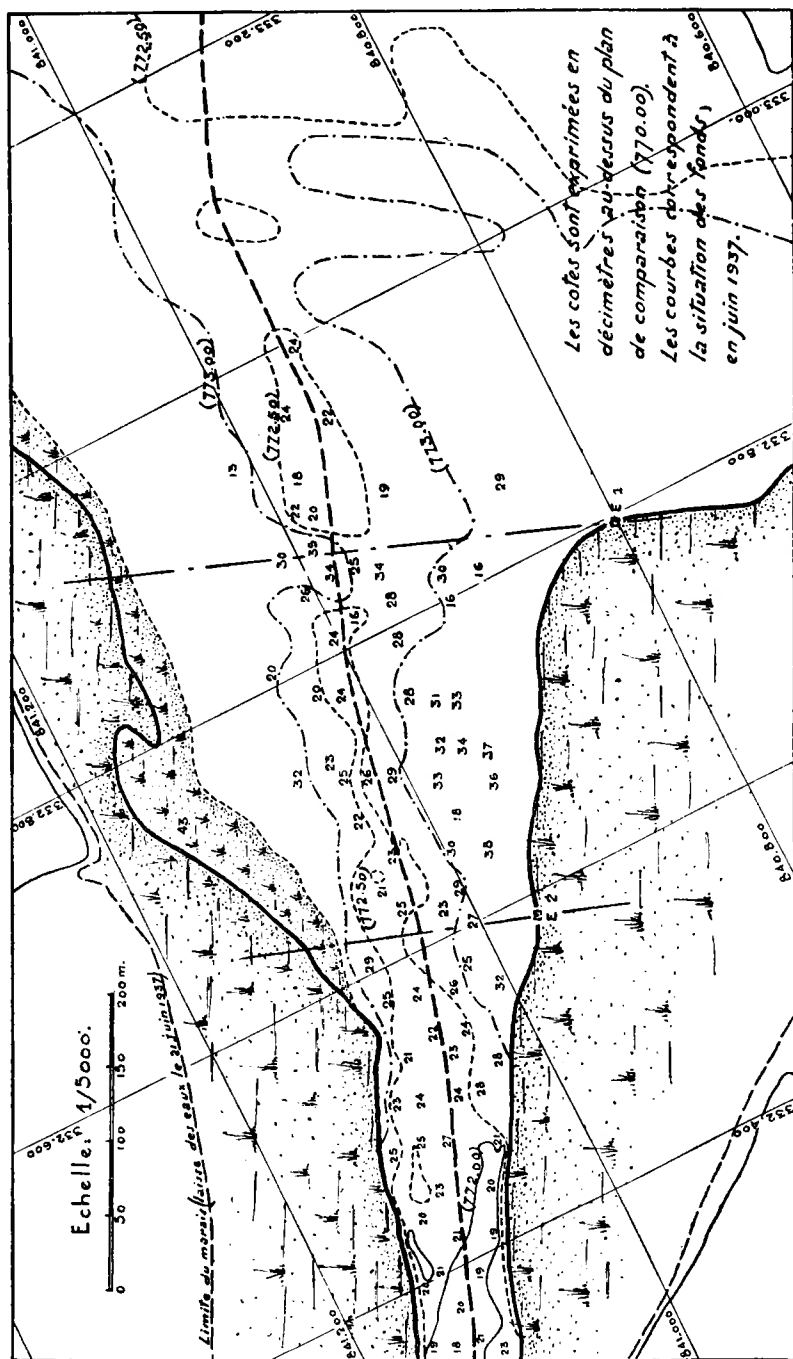


Fig. 7. — La tête de la Lukuga. — Cotes du fond rocheux.

vagues: lorsque le lac monte, les vagues attaquent les terrains meubles du rivage et il se forme une grève inondée moins inclinée que l'ancienne rive émergente.

La figure 6, qui donne les profils en long du fond correspondant à ces deux époques de hautes eaux, montre nettement qu'il n'y eut pas engraissement du seuil et que la hausse du lac doit être attribuée à d'autres causes. 444

D'autre part, sur les quatre levés, la courbe de 772,50 est interrompue aux environs du profil E₁ (fig. 5), tandis que la courbe 773,00 est continue. La présence de plusieurs sondages sur roche à une cote supérieure à 772,50 dans cette région explique cette fixité qui est bien mise en évidence par la figure 7, mentionnant exclusivement les sondages « sur roches » relevés depuis 1934. C'est donc vers le profil E₁ que se trouve le seuil signalé en 1913 par M. Mauritzen (772,90) et en 1916 par le colonel Moulaert (773,00) et que l'on voit figurer sur la carte de 1917 dressée par M. Lauwers (772,70). 445

M. Walthert se trompait donc en situant le seuil à 380 m. du lac; M. Theeuws doit avoir commis une erreur analogue. 446

Les données sur lesquelles reposait la croyance à des variations du niveau du fond dans la Lukuga sont ainsi mises à néant et l'on peut affirmer que les fonds sont stables dans cette région, au moins depuis 1913.

Les conditions d'écoulement dans la Lukuga.

450

Le tableau V et le profil en long de la planche I donnent les résultats de 11 observations du plan d'eau dans la Lukuga effectuées de 1934 à 1937, pour des niveaux du lac compris entre 774,03 et 775,42. 451

TABLEAU V.

Observation de l'axe hydraulique.
(Cotes rapportées au plan de comparaison 770,00.)

	Dist. m	22-1 1934	19-7 1935	20-8 1935	24-9 1935	6-11 1935	17-3 1936	17-4 1936	12-5 1935	28-5 1937	21-6 1937	8-9 1937
Port	—	4,29	4,35	4,19	4,03	3,92	4,66	4,96	5,37	5,42	5,31	4,92
E ₁	260	(4,24)	(4,30)	4,03	4,01	(3,87)	4,63	(4,91)	(5,32)	(5,37)	5,25	4,88
E ₂	425	4,15	—	—	—	—	—	—	—	—	—	4,76
E ₃	415	3,98	3,98	3,80	3,71	—	4,31	4,75	5,09	5,17	4,97	4,62
E ₄	552	3,90	3,87	3,46	—	—	4,24	4,57	5,06	5,03	4,96	4,53
E ₅	538	3,80	3,78	—	3,46	3,28	4,14	4,55	4,88	4,97	4,79	4,44
E ₆	675	3,65	3,60	—	—	—	3,99	4,33	4,73	4,73	4,53	4,25
E ₇	595	3,46	—	—	—	—	—	—	4,51	4,61	4,51	4,10
E ₈	617	3,37	—	—	—	—	—	—	4,51	4,52	4,44	4,01
E ₉	463	3,27	3,32	3,09	3,00	2,88	3,62	4,08	4,40	4,43	4,37	3,96
E ₁₀	470	3,14	3,17	—	—	—	3,51	3,98	—	4,33	4,36	3,84
E ₁₁	613	3,06	—	—	—	—	3,43	3,72	—	4,24	4,06	3,55
E ₁₂	560	2,93	—	—	—	—	—	—	—	3,97	3,88	3,40
E ₁₃	460	2,67	—	—	—	—	3,17	3,56	—	3,87	3,71	3,31
E ₁₄	652	2,60	—	—	—	—	3,00	—	—	3,62	3,56	3,14
E ₁₅	458	2,43	—	2,34	2,15	2,03	2,76	3,05	3,32	3,57	3,46	3,07
E ₁₆	517	2,31	2,57	—	—	—	—	—	—	3,46	3,28	3,03
E ₁₇	498	2,22	2,47	—	—	—	2,69	—	3,05	3,31	3,22	2,83
E ₁₈	478	1,98	2,58	—	—	—	—	—	—	3,05	2,97	2,62
E ₁₉	162	1,77	—	—	—	—	2,27	2,57	—	2,83	2,76	2,45
E ₂₀	465	1,44	—	—	—	—	—	—	—	2,72	2,64	2,25
E ₂₁	345	1,22	—	—	—	—	1,62	1,97	—	2,52	—	2,04
E ₂₂		1,12	—	—	—	—	1,53	1,84	—	2,38	2,29	1,92

Les cotes entre parenthèses figurant dans ce tableau pour le niveau de l'eau en E_1 n'ont pas été observées, mais sont déduites des cotes voisines, en adoptant une pente moyenne.

On voit que du lac au seuil de Lumbala (profil E_{18}) la ⁴⁵² pente ne varie guère quand le débit augmente : l'axe hydraulique se déplace parallèlement à lui-même; la pente moyenne est de **25** cm. par km.

Il n'en est pas de même aux rapides de Kibamba (entre les profils E_{19} et E_{20}); l'importance de la dénivellation diminue quand le débit augmente : de **33** cm. sur **162** m. de longueur quand le lac se trouve à la cote **774,29** (**22** janvier **1934**), elle tombe à **11-12** cm. quand le lac est à la cote **775,42** — **775,31** (**28** mai — **21** juin **1937**).

On voit donc que pour des débits importants de la Lukuga, l'écoulement est influencé de façon très sensible par la partie de la rivière située en aval de Kibamba, donc à plus de **9** km. du lac.

Le tableau VI et le graphique de la figure 8 donnent les ⁴⁵³ résultats de **25** mesures de débit. Les quatre premières furent effectuées au moyen de flotteurs de surface ou de bâtons lestés; depuis décembre **1933**, la détermination du débit se fait au moulinet Woltmann; le moulinet est immergé aux **6/10** de la profondeur en différents points du profil de jaugeage; la vitesse obtenue est considérée comme la vitesse moyenne de la tranche correspondante.

Les débits extrêmes enregistrés sont **72** m³ aux basses eaux de **1935** et **275** m³ aux hautes eaux de **1938**.

La distribution régulière des points figuratifs des ⁴⁵⁴ mesures sur le graphique de la figure 8 est encore un indice de la stabilité des fonds; en effet, si les fonds variaient de façon sensible, à une même lecture de l'échelle ne correspondrait pas toujours un même débit.

TABLEAU VI.
Débit de la Lukuga.

Dates	Cotes à l'échelle d'Albertville	Débit m ³ /sec.	Section m ²	Largeur m.	Profondeur moyenne m.	Vitesse moyenne m./sec.	Observateur
15- 3-31	774,40	114	165	115	1,43	0,69	Walther
28-10-32	4,23	119	—	—	—	—	Snackenbroeck
10-11-32	4,23	117	—	—	—	—	"
18- 1-33	4,58	169	—	—	—	—	"
18-12-33	4,00	111	122	88	1,38	0,91	De Keyser
18- 2-34	4,19	125	140	90	1,55	0,89	"
10- 6-35	4,65	160	152	94	1,62	1,05	Dewert
19- 7-35	4,35	135	146	85	1,70	0,92	Comdt du Camp
20- 8-35	4,19	103	119	89	1,34	0,87	"
6- 9-35	4,08	103	119	86	1,38	0,87	"
24- 9-35	4,03	110	138	87	1,58	0,80	"
15-10-35	3,99	96	124	87	1,42	0,77	"
6-11-35	3,92	72	109	86	1,27	0,66	"
26-11-35	3,95	101	119	89	1,34	0,85	"
16- 1-36	4,32	122	148	90	1,64	0,82	"
25- 2-36	4,55	118	163	93	1,75	0,72	"
17- 3-36	4,66	143	176	92	1,91	0,81	"
25- 8-36	4,48	161	171	99	1,73	0,94	"
4-11-36	4,45	141	167	91	1,84	0,84	"
19-12-36	4,55	155	169	100	1,69	0,92	Pauwels et Comdt du Camp
20- 4-37	4,58	152	169	100	1,69	0,90	"
12- 5-37	5,37	256	272	112	2,42	0,94	"
21- 6-37	5,31	266	296	112	2,64	0,90	Comdt du Camp
22- 2-38	5,21	263	—	—	—	—	Ossossoff
12- 3-38	5,29	275	—	—	—	—	"

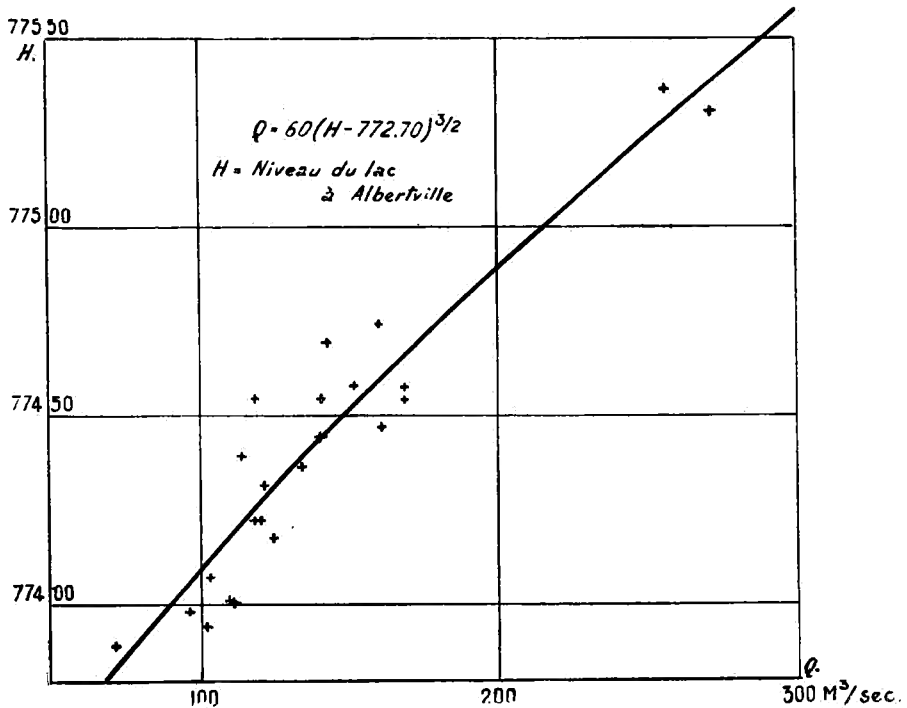


FIG. 8. — Débit de la Lukuga.

Influence de la Lukuga sur le niveau du lac.

460

L'écoulement d'une certaine quantité d'eau par la Lukuga a évidemment pour effet de ralentir la hausse du lac pendant les périodes où les apports dépassent l'évaporation et d'en accélérer la baisse pendant les périodes où la balance est déficitaire.

Pendant les années 1924 à 1937, pour lesquelles nous disposons d'observations continues du niveau du lac, ce niveau a varié entre 772,90 et 775,43; le débit de la Lukuga a donc oscillé entre 20 et 294 m³/seconde (ces valeurs extrêmes sont obtenues par extrapolation, aucun jaugeage n'ayant été effectué au-dessous de la cote 773,90, ni au-dessus de la cote 775,30).

463 A un débit de $1 \text{ m}^3/\text{sec.}$ correspond un écoulement par année de **31,6 millions de m^3** ; la superficie du lac étant de **32.000 km^2** , cet écoulement correspond à une baisse (ou à une réduction de la montée) de **1 mm.**

464 Considérant les périodes annuelles qui s'étendent entre deux minima successifs du niveau du lac, on obtient, pour les **12 périodes comprises entre 1924 et 1936**, les chiffres du tableau VII.

TABLEAU VII.

Écoulement par la Lukuga de 1924 à 1936.

Années	Basses eaux début (1)	Hautes eaux (2)	Basses eaux fin (3)	Débits correspondants $\text{m}^3/\text{sec.}$			Débit moyen m^3	Hauteur écoulée cm.	Montée brute cm.	Montée corrigée cm.
				(1')	(2')	(3')				
1924-1925	773,29	773,87	773,22	40	84	35	61	6	- 7	- 1
1925-1926	3,22	4,06	3,55	35	101	57	72	7	33	40
1926-1927	3,55	4,40	3,45	57	135	50	94	9	-10	- 1
1927-1928	3,45	4,06	3,20	50	100	34	71	7	-25	-18
1928-1929	3,20	3,76	2,50	34	74	20	51	5	-20	-25
1929-1930	2,90	4,08	3,61	20	103	60	71	7	71	78
1930-1931	3,61	4,62	3,75	60	160	72	113	11	14	26
1931-1932	3,75	4,87	4,20	72	193	115	143	14	45	59
1932-1933	4,20	4,90	4,01	115	197	96	151	15	-19	- 4
1933-1934	4,01	4,62	3,85	96	169	91	127	13	-16	- 3
1934-1935	3,85	4,76	3,90	91	180	86	134	13	5	18
1935-1936	3,90	5,16	4,26	86	238	122	146	15	36	51

Les colonnes intitulées « montée brute » et « montée corrigée » fournissent respectivement, exprimées en centimètres, la hausse (négative si c'est une baisse) du niveau du lac entre deux minima successifs telle qu'elle a été

enregistrée à l'échelle d'Albertville et la hausse telle qu'on l'aurait enregistrée si la Lukuga avait été obturée.

Note : Le débit moyen annuel est la moyenne entre les deux débits moyens relatifs à la période de hausse et à la période de baisse du lac :

$$\frac{(1') + (2') + (2') + (3')}{4}$$

Pour les 12 années considérées, la quantité d'eau écou- 465
lée annuellement par la Lukuga correspond à un débit moyen de 100 m³/sec. ou à une tranche de 10 cm. sur la surface du lac; pendant la même période, le niveau des basses eaux a haussé de 4^m26 — 3^m29 = 0^m97, soit en moyenne 8 cm. par an, et l'on voit que l'excédent des apports sur l'évaporation est de 18 cm. par an. Ce chiffre correspond à celui trouvé pour la période 1846-1876 (voir n° 200, année 1846).

Le tableau VII montre cependant que les écarts par 466
rapport à cette moyenne peuvent être importants, ce qui explique que Thomson ait pu croire (voir n° 200, année 1879) que « dans les circonstances normales, l'évaporation d'eau et les pluies s'équilibrent ou peu s'en faut ».

L'observation de Stanley (voir n° 311) que « dans les saisons pluvieuses le Tanganika monte d'environ un mètre, que l'évaporation lui enlève pendant la saison sèche », doit être interprétée dans le même sens.

Niveaux limites du lac.

470

En observant le diagramme de la figure 1, on constate 471
que les eaux ne sont jamais descendues au-dessous de la cote 772,50, correspondant à peu près à celle du niveau du déversoir (voir n° 200, année 1892).

Bien que, de mémoire d'homme, on n'ait jamais connu le déversoir complètement à sec, il n'est cependant pas

impossible qu'à la suite d'une série persistante d'années déficitaires, la Lukuga cesse de couler; ce fait se serait produit si, après la baisse que l'on a observée de 1926 à 1929, on avait continué à enregistrer deux ou trois années très sèches comme l'année agricole 1928-1929 (tableau VII), au cours de laquelle le lac a baissé de 30 centimètres, en tenant compte d'un écoulement par la Lukuga de 51 mètres cubes par seconde en moyenne. Mais si la Lukuga avait cessé de couler, la baisse n'aurait été que de 25 cm., car elle aurait été corrigée de tout ce qui, pendant cette année, s'est écoulé par l'exutoire. On peut donc dire qu'il y a très peu de chance que le lac descende jamais beaucoup plus bas que le seuil du déversoir actuel, et la cote 772 constitue vraisemblablement, dans l'état actuel des choses, la limite inférieure du niveau du Tanganika.

472 On peut de même se faire une idée du niveau maximum « possible » des eaux.

Un examen de la figure 11 montre que le « bilan » du bassin hydrographique du Tanganika est positif : les apports dépassent les pertes par évaporation, et lorsque la Lukuga n'écoule pas cet excédent, le lac manifeste une tendance à la hausse.

Cette même figure nous apprend aussi que l'on peut avoir des séries d'années très pluvieuses (1929-1932), pendant lesquelles l'excédent des apports sur l'évaporation peut être de l'ordre de 16 milliards de m^3 en moyenne (excédent 1929-1930 : 25 milliards de m^3 ; 1930-1931 : 8,3 milliards; 1931-1932 : 18,7 milliards), correspondant à une tranche, sur le lac, de 50 cm.

473 Pour éviter cette hausse, il suffirait que la Lukuga écoulat les 16 milliards de m^3 en excédent, ce qui représente un débit moyen de 500 m^3 par seconde.

En prolongeant la courbe de la figure 8 (courbe Q_0 de la figure 14), on voit que dans l'état actuel de la Lukuga

ce débit serait obtenu pour un niveau des eaux voisin de la cote 776,90 m.; on peut donc fixer aux environs de 777 m. la cote que ne dépasserait pas le lac, même après une longue série d'années très pluvieuses.

L'amplitude des variations « possibles » est donc de 777—772 m., soit 5 m.

A titre de comparaison, nous dirons que l'amplitude observée des crues du fleuve Congo est de

3^m50 à Kongolo; 6^m20 à Stanleyville; 9^m50 à Kwamouth; 5^m60 à Léopoldville; 8^m90 à Matadi et 3^m80 à Boma.

CHAPITRE V.

500 **RELATION ENTRE LE RÉGIME PLUVIOMÉTRIQUE ET LES VARIATIONS DE NIVEAU DU LAC.**

510 **Généralités.**

514 Nous avons vu que le fond de la Lukuga est stable et que les fluctuations du niveau moyen du lac, tout au moins celles auxquelles nous assistons depuis plus de vingt ans, ne peuvent en aucune façon être attribuées aux engorgements ou aux curages périodiques de l'exutoire. Ces variations sont dues tout simplement aux facteurs climatologiques généraux : quand il pleut beaucoup dans la région, le lac monte; quand il fait sec, il manifeste une tendance à la baisse. Il en est du Tanganika comme de toutes les voies d'eau et cette conclusion se trouve corroborée par un parallélisme remarquable entre les variations de niveau de tous les lacs centre-africains : Tanganika, Albert, Victoria (fig. 9).

512 Ce parallélisme, qui ne s'expliquerait pas si le niveau du Tanganika était sous la dépendance d'un seuil à niveau variable, est mis en lumière par le diagramme reproduit par la figure 10, qui nous a été obligeamment communiqué par la direction des Tanganyika Railways.

On a voulu voir une concordance entre ces variations de niveau et le nombre des taches solaires : lac Victoria (D^r Brooks, en 1923), lac Nyasa (D^r Dixey, en 1924), lac Tanganika (M. Gillman, en 1933). Nous avons ajouté le diagramme de l'activité solaire (nombre de taches) à la figure 10, et, quoique la corrélation soit vraiment frappante, il existe cependant quelques divergences sensibles.

513 Le diagramme de l'activité solaire est emprunté à la brochure de M. Gillman pour les années antérieures à 1930 et est complété, pour les années suivantes, d'après

les graphiques extraits des *Astronomische Mitteilungen* de R. Wolf (Zurich). L'activité solaire est caractérisée pour chaque mois par la moyenne des nombres relatifs

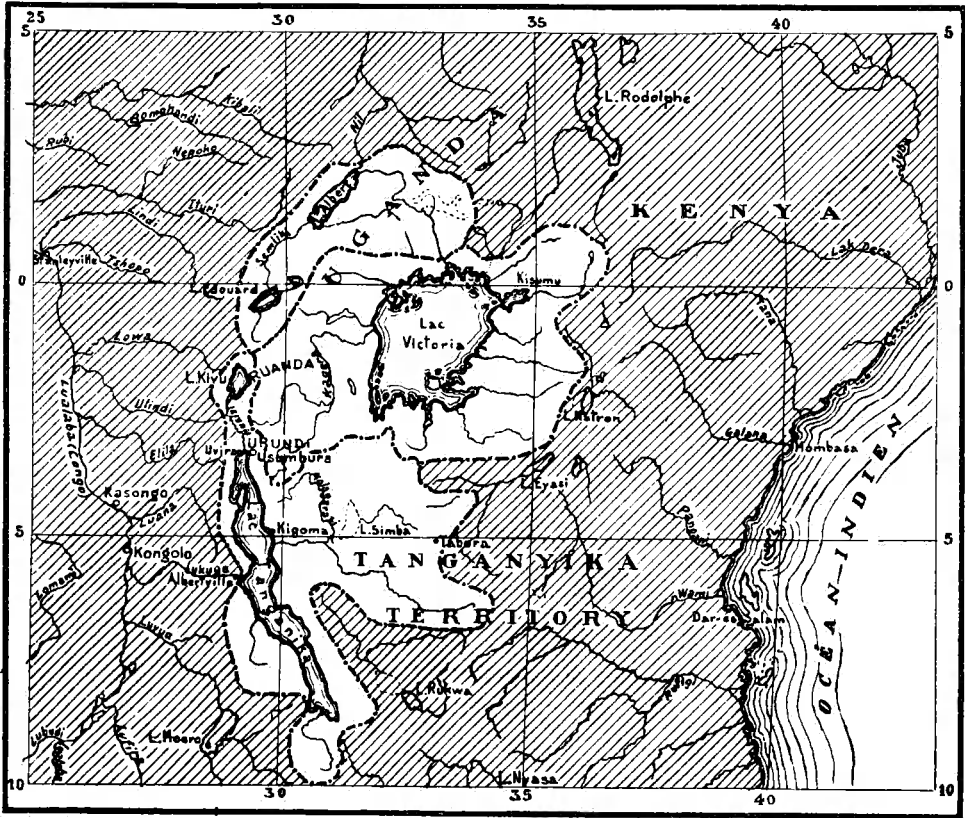


FIG. 9. — Bassins des lacs Albert, Tanganika et Victoria.

de taches visibles chaque jour, ces nombres étant fournis par la formule $R = k (10 \text{ gr} + f)$, dans laquelle

R = nombre relatif de taches,

k = coefficient de réduction,

gr = nombre de groupes,

f = nombre de taches isolées,

ce qui revient à assimiler chaque groupe à dix taches isolées.

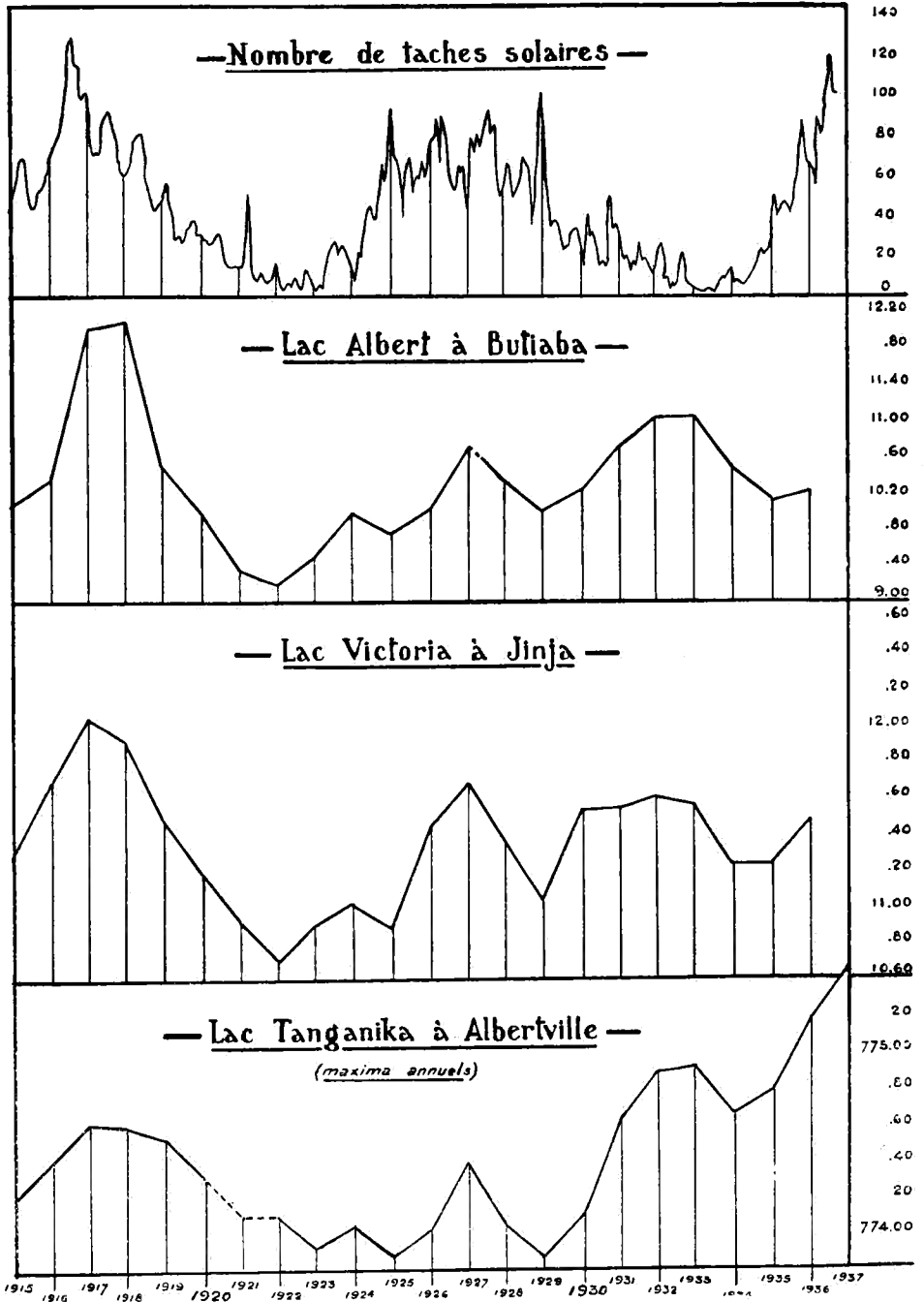


FIG. 10. — Variations du niveau des lacs du Centre-African et du nombre des taches solaires.

Rappelons à ce propos que les taches solaires, dont l'existence était connue dans la plus haute antiquité, ont fait l'objet d'études systématiques depuis la seconde moitié du XIX^e siècle, après la découverte de leur périodicité undécennale (11 ans et 2 mois) par Schwabe, en 1844 (MOYE, pp. 128 et 134).

En réalité, l'intervalle entre deux maxima ou deux minima n'est pas constant, mais varie entre 7 et 17 ans. Aux époques de maxima, les taches sont en moyenne 15 fois plus étendues qu'aux périodes de minima (ANGOT, p. 344).

On a mis en évidence l'influence des taches solaires sur les variations diurnes de l'aiguille aimantée, le nombre des aurores polaires (MOYE, p. 150), les tempêtes magnétiques (MOYE, p. 149). On a même annoncé une variation de la température moyenne annuelle des régions tropicales, en rapport avec les taches solaires (*Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1931*, p. 269) : la température serait légèrement plus élevée à l'époque du minimum (0°7 : ANGOT, p. 344). Mais la relation entre les taches et la température des régions tropicales de la terre ne peut être considérée comme certaine, car, après s'être manifestée pendant deux ou trois périodes de taches, elle fait souvent défaut dans les suivantes (ANGOT, p. 345).

L'influence des taches solaires a été également invoquée pour expliquer les alternances de périodes humides ou sèches. BRÜCKNER (*Pardé*, p. 27) conclut à une périodicité de 35 ans, dont 20 années sèches et 15 humides, mais les divergences entre savants et le simple examen des faits montrent que cette loi est loin d'être exacte.

Si l'influence des taches du soleil sur les phénomènes météorologiques ne peut être rejetée comme invraisemblable, elle est en tout cas trop mal connue pour servir de point de départ à des prévisions du temps ou à des prévisions de crues, d'autant plus que les maxima et

minima des taches ne peuvent eux-mêmes être annoncés à moins de deux ou trois ans près (ANGOT, p. 346).

Selon les renseignements que nous avons pu obtenir, 1938 serait une année de maximum, et l'on pourrait donc s'attendre à partir de 1939, sinon à une baisse, tout au moins à un ralentissement de la hausse.

516 Quoi qu'il en soit, si les fluctuations du niveau du Tanganika sont en rapport lointain avec des phénomènes cosmiques, comme les taches solaires, nous pouvons expliquer de façon plus directe les variations de niveau des trois grands lacs du Centre-Afrique, par les précipitations pluviales sur leurs bassins respectifs.

520 **Régime pluviométrique du bassin du Tanganika.**

521 Nous avons pu réunir quelques données relatives aux précipitations enregistrées à Albertville, Baudouinville, Lusaka-Saint-Jacques, Usumbura, Rumonge et Nyanza-Lac. En outre, les rapports annuels sur l'administration belge du Ruanda-Urundi fournissent des renseignements assez complets sur la pluviométrie, laquelle y présente un intérêt tout particulier. En effet, bien que la plupart des points d'observation ne soient pas dans le bassin du Tanganika, le Ruanda-Urundi se trouve au centre de la région des Grands Lacs Africains, dont les fluctuations sont parallèles. C'est également au Ruanda-Urundi que se situent les sources du Nil ⁽¹⁾, et nous verrons que les crues de ce fleuve ne sont pas sans présenter des analogies avec celles du Tanganika (n° 534).

(1) C'est le Docteur Kant qui, en 1900, chercha à résoudre une fois pour toutes le problème des sources du Nil. Il mesura les débits de la Ruvuvu et de la Nyabarongo (Nyawarungu), et reconnut que cette dernière apporte le plus grand volume d'eau à la Kagera, le principal tributaire du lac Victoria. La vraie source du Nil se trouve donc au Ruanda. L'Urundi, de son côté, contient la source la plus méridionale du fleuve des Pharaons, la Luvironza, affluent de gauche de la Ruvuvu, par 4° de latitude Sud.

Les rapports du Ruanda-Urundi fournissent les précipitations par « année agricole » s'étendant du 1^{er} septembre au 31 août. La totalisation par année agricole est plus intéressante que par année civile, l'année agricole correspondant à la période qui s'écoule entre deux saisons sèches successives; c'est pourquoi nous adopterons ce système.

A *Albertville* on dispose d'observations continues relatives à la période 1929-1936. Le dépouillement de ces observations a fourni les renseignements suivants :

	Millimètres.
Année agricole 1929-1930. . . .	1925,4
Id. 1930-1931. . . .	1275,6
Id. 1931-1932. . . .	1424,7
Id. 1932-1933. . . .	1179,2
Id. 1933-1934. . . .	1095,0
Id. 1934-1935. . . .	1240,1
Id. 1935-1936. . . .	1547,1
Moyenne des sept années. . .	1383,9

En outre, pour la même période de 7 ans, on a obtenu les moyennes mensuelles suivantes :

	Millimètres.
Septembre	13,3
Octobre	87,0
Novembre	288,0
Décembre	258,0
Janvier	126,0
Février	164,0
Mars	160,1
Avril	175,0
Mai	94,0
Juin	16,1
Juillet	2,0
Août	0,4
Moyenne annuelle. . .	1383,9

Pour l'année agricole 1936-1937, les précipitations s'élèvent à 1515,9 mm.; cette année est donc à classer parmi les plus pluvieuses.

524 A *Baudouinville*, les observations portent sur les années agricoles 1909-1910, 1910-1911, 1928-1929, 1931-1932 et 1934-1935.

Les chiffres annuels sont :

	Millimètres.
Année agricole 1909-1910. . . .	1909,0
Id. 1910-1911. . . .	1510,0
Id. 1928-1929. . . .	966,7
Id. 1931-1932. . . .	1638,6
Id. 1934-1935. . . .	1287,8
	<hr/>
Moyenne des cinq années. . .	1462,4

Les précipitations mensuelles moyennes pour ces cinq années sont :

	Millimètres.
Septembre	1,4
Octobre	73,3
Novembre	203,3
Décembre	311,1
Janvier	210,3
Février	126,2
Mars	238,9
Avril	214,2
Mai.	61,7
Juin	5,0
Juillet.	10,0
Août	7,0
	<hr/>
Moyenne annuelle. . .	1462,4

A Lusaka-Saint-Jacques, les observations sont continues ⁵²⁵ de 1912 à 1920 et de 1930 à 1936, soit 14 années agricoles, dont ci-après les résultats :

	Millimètres.
Année agricole 1912-1913.	905,5
Id. 1913-1914.	965,8
Id. 1914-1915.	906,5
Id. 1915-1916.	1002,1
Id. 1916-1917.	672,4
Id. 1917-1918.	628,1
Id. 1918-1919.	898,9
Id. 1919-1920.	991,3
Id. 1930-1931.	678,5
Id. 1931-1932.	893,0
Id. 1932-1933.	806,5
Id. 1933-1934.	770,0
Id. 1934-1935.	774,3
Id. 1935-1936.	909,5

Moyenne des quatorze années.	842,8

Ces précipitations se répartissent comme suit dans l'année (moyenne des 14 années) :

	Millimètres.
Septembre	19,4
Octobre	48,8
Novembre	119,7
Décembre	156,2
Janvier	113,9
Février	130,0
Mars	133,7
Avril	86,7
Mai	18,9
Juin	5,5
Juillet.	—
Août	10,0

Moyenne annuelle.	842,8

526 A *Usumbura, Rumonge et Nyanza-Lac*, les observations sont continues depuis 1928; les huit années en question fournissent les résultats suivants :

	Usumbura. Millimètres.	Rumonge. Millimètres.	Nyanza-Lac. Millimètres.
Année agricole 1928-1929. . .	759,3	923,7	798,2
Id. 1929-1930. . .	966,2	1308,6	1269,3
Id. 1930-1931. . .	947,1	1001,4	1181,5
Id. 1931-1932. . .	908,6	1220,1	1008,0
Id. 1932-1933. . .	845,2	1010,4	888,4
Id. 1933-1934. . .	822,7	1018,3	810,1
Id. 1934-1935. . .	828,9	974,5	1218,4
Id. 1935-1936. . .	863,9	1126,4	1348,3
Moyenne des huit années. . .	867,7	1072,8	1065,3

Et en prenant les moyennes mensuelles :

	Usumbura. Millimètres.	Rumonge. Millimètres.	Nyanza-Lac. Millimètres.
Septembre	35,5	36,9	35,0
Octobre	67,7	83,9	68,2
Novembre	97,0	157,2	102,8
Décembre	116,8	114,7	139,7
Janvier	96,0	137,1	144,2
Février	121,2	92,9	129,9
Mars	127,6	160,2	200,5
Avril	111,4	179,8	173,8
Mai	50,3	76,5	52,1
Juin	20,4	16,5	13,5
Juillet	10,7	7,8	2,3
Août	13,1	9,3	3,3
Moyenne annuelle. . .	867,7	1072,8	1065,3

527 Au *Ruanda-Urundi* existent actuellement 67 stations pluviométriques. La plupart d'entre elles sont de création récente (1930 ou 1931). Quatorze fonctionnent depuis 1928 : Rwaza, Kisenyi, Rwamagana, Kigali, Kabgaye, Nzaza, Nyanza-Ruanda, Muhinga, Ngozi, Muramvya,

Usumbura, Rutana, Rumonge et Nyanza-Lac; cinq d'entre elles fournissent des renseignements continus depuis 1924.

Ci-dessous les précipitations annuelles moyennes :

		Millimètres.	
		—	
Année agricole	1924-1925.	986	(5 stations)
Id.	1925-1926.	1101	id.
Id.	1926-1927.	1259	id.
Id.	1927-1928.	959	id.
Id.	1928-1929.	985	(14 stations)
Id.	1929-1930.	1393	id.
Id.	1930-1931.	1137	id.
Id.	1931-1932.	1055	id.
Id.	1932-1933.	1104	id.
Id.	1933-1934.	946	id.
Id.	1934-1935.	1192	id.
Id.	1935-1936.	1218	id.
Moyenne des douze années.		1111	

Le rapprochement de tous ces résultats fait apparaître ⁵²⁸ une remarquable similitude dans le climat de toutes ces stations, bien que les plus éloignées soient distantes de 700 km. environ et que leurs altitudes varient entre 780 et 1.800 m.

Partout les fortes pluies se produisent de novembre à avril, avec une diminution en janvier ou février; en outre, des douze dernières années agricoles, 1929-1930 est partout la plus pluvieuse et 1933-1934 la moins pluvieuse.

On peut dire que pour une vingtaine de stations la ⁵²⁹ moyenne annuelle en ces douze dernières années a été de l'ordre de 1.100 mm.

Pour l'ensemble du bassin (238.700 km²) et étant donnée la forte proportion de régions sèches dans la partie Sud-Est, il est probable que la moyenne est aux environs de 850 mm. de pluies par an, ce qui correspond à une précipitation moyenne de 6.400 m³/sec. ou de 25 l./sec./km².

530 **Corrélation entre la pluviométrie et les variations de niveau du lac.**

531 Nous avons calculé au n° 464 ce qu'eût été la montée ou la baisse annuelle du lac depuis 1924 si la Lukuga n'avait rien débité. Cette montée ou cette baisse fictive multipliée par la superficie du lac (32.000 km²) correspond évidemment à l'excédent (positif ou négatif) des apports (affluents + pluies sur le lac) sur l'évaporation (nous admettons que les pertes par le sous-sol sont nulles).

532 Cet excédent s'établit comme suit :

Année.	En cm.	En milliards de m ³ .
1924-1925.	— 1	— 0,3
1925-1926.	40	12,8
1926-1927.	— 1	— 0,3
1927-1928.	—18	— 5,8
1928-1929.	—25	— 8,0
1929-1930.	78	25,0
1930-1931.	26	8,3
1931-1932.	59	18,9
1932-1933.	— 4	— 1,3
1933-1934.	— 3	— 1,0
1934-1935.	18	5,8
1935-1936.	51	16,3

Pendant ces 12 années les excédents des apports sur l'évaporation se sont chiffrés en moyenne à 5,8 milliards de m³ par an ou 183 m³/sec., correspondant à une tranche d'eau de 18 cm. par an sur le lac et pour l'ensemble du bassin (238.700 km²) à un débit moyen de 0,771./sec./km².

533 Les graphiques de la figure 11 font le rapprochement entre, d'une part, les pluies enregistrées à Albertville et au Ruanda-Urundi et, d'autre part, l'excédent des apports au Tanganika sur l'évaporation. Le parallélisme des deux phénomènes est frappant.

La figure 11 mentionne également les débits du Nil à Wadi-Halfa, d'après des renseignements qui nous ont aimablement été communiqués par M. le directeur général H. E. Hurst (Physical Department; Ministry of Public Works du Gouvernement Egyptien, au Caire).

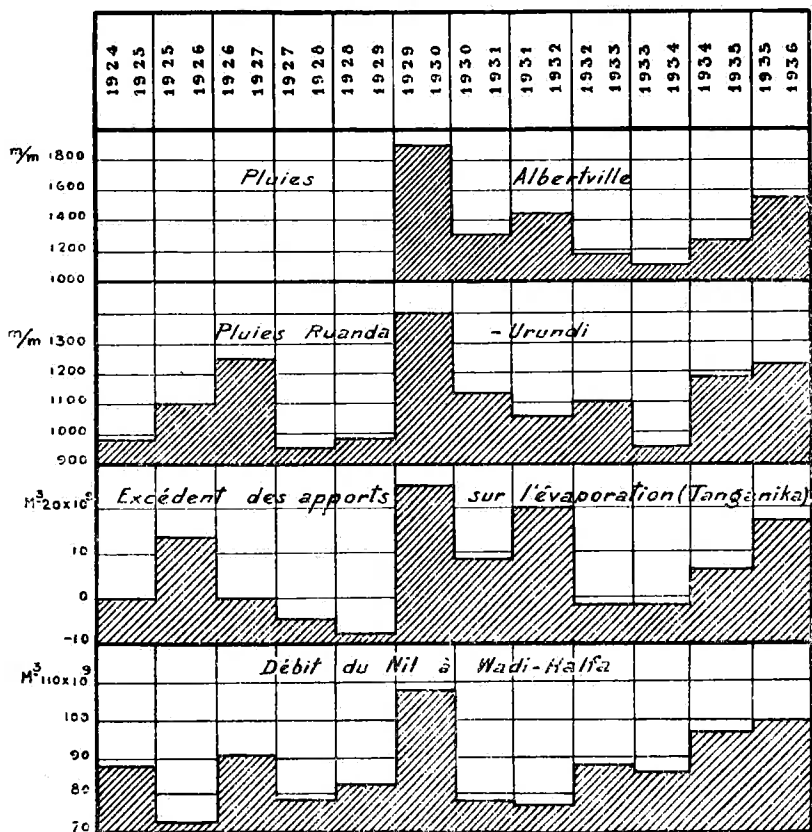


FIG. 11. — Pluies à Albertville et au Ruanda-Urundi. Régime du Tanganika et du Nil.

On remarque que les variations de ces débits sont en relation étroite avec l'abondance des pluies au Ruanda-Urundi et que les régimes du Nil et du Tanganika présentent assez bien de similitude.

Les précipitations de 1936-1937 (1.515^{mm}9 à Albertville) permettent de prévoir pour le Tanganika un excédent analogue à celui de 1935-1936 (1.547^{mm}1), soit 16 milliards de m³, représentant 50 cm. sur la superficie du lac. Tenant compte de ce qu'aux niveaux actuels l'écoulement par la Lukuga correspond à une tranche annuelle de 15 à 20 cm., on peut prédire que les basses eaux de novembre 1937 seront à 30 ou 35 cm. au-dessus du niveau des basses eaux de 1936, donc vers la cote 774,75 (1).

Pour les hautes eaux de mai 1938, il est impossible de faire une prévision; leur niveau dépendra de l'importance des précipitations pendant la prochaine saison. Étant donné cependant que, depuis 16 ans, la montée annuelle est comprise entre 0^m56 et 1^m26, on peut prévoir que le niveau des hautes eaux de mai 1938 sera très vraisemblablement compris entre 775,32 et 776,02.

Il n'est pas possible, avec les éléments dont nous disposons actuellement, de faire un pronostic plus précis (2).

536 Quoi qu'il en soit, il ressort clairement de ce qui précède que les variations de niveau du lac enregistrées dans les douze dernières années sont dues uniquement à des variations de régime pluviométrique et non à des modifications dans les conditions d'écoulement par la Lukuga.

Mais depuis près d'un siècle (voir n° 200, année 1846, et n° 465), l'excédent des apports sur l'évaporation a, lorsque l'on considère une période assez longue, une valeur constante, ce qui permet de croire que si ces variations du régime pluviométrique correspondent à un déplacement de la limite des zones de climat subaride et subhumide (GULLMAN, p. 17), ce déplacement est périodique, sans qu'il soit cependant possible de déterminer actuellement les lois de cette périodicité.

(1) Les plus basses eaux de 1937 ont été à 774,82, du 13 au 31 octobre.

(2) Le niveau des plus hautes eaux de 1938 fut atteint le 23 avril, à la cote 775,52.

CHAPITRE VI

STABILISATION DU NIVEAU DU LAC. 600

Inconvénients de la situation actuelle et remèdes. 610

La figure 1 montre qu'en ces trente dernières années 611 le niveau du Tanganika a oscillé entre les cotes 772,90 et 775,43; depuis 1890, entre 772,50 et 775,43, et nous savons que, dans l'état actuel des choses, les eaux resteront toujours entre 772 et 777. (n° 470).

Ces variations, pour faibles qu'elles soient « relativement », n'en comportent pas moins des inconvénients très sérieux pour les installations situées sur les rives du lac.

C'est ainsi qu'en 1929 il fallut approfondir le port d'Albertville, tandis qu'en ces dernières années de nombreux bâtiments ont été ravagés par les inondations (entrepôt pour inflammables à Usumbura; camp des travailleurs C.F.L. à Albertville; installations agricoles à Kataki; etc.); la cale sèche d'Albertville a été sous eau; la jetée en bois d'Usumbura est inutilisable par gros temps, de même que celle en béton armé d'Albertville, dont il a fallu renforcer le parapet...

Le remède à cette situation est théoriquement très simple : pour empêcher les eaux de descendre au-dessous 612 d'un certain niveau, il suffit d'établir un barrage pour les retenir dans le lac pendant les périodes de baisse; pour éviter les inondations, il faut corriger ou calibrer la Lukuga pour accroître son débit pendant les périodes de hausse. C'est d'ailleurs le remède classique auquel on recourt chaque fois que l'on veut régulariser le niveau d'un lac avec exutoire, soit que l'on se propose simple-

ment d'atténuer les inconvénients dus aux fluctuations des niveaux, soit que l'on veuille tirer parti des réserves d'énergie hydro-électrique que représentent ces lacs.

613 Nous signalerons à ce propos le *projet de régularisation du lac de Lugano* (*Génie civil*, 2 janvier 1915, p. 11). Grâce à l'obligeance du Service fédéral suisse des Eaux, nous avons pu prendre connaissance de la remarquable étude élaborée à ce sujet par M. Ghezzi, ingénieur de l'Hydrographie nationale suisse. Bien que la question — qui remonte en réalité à 1874 — ait fait l'objet, en 1910, d'une conférence italo-suisse, la réalisation en a été différée jusqu'à présent, du fait de divergences entre les intéressés, concernant spécialement le niveau maximum à admettre.

Ce projet se caractérise comme suit :

Travaux envisagés :

1° Construction d'un barrage fixe de 71 m. dont la crête est à la cote zéro du lac;

2° Construction d'un barrage à aiguilles destiné à régler le débit aux basses eaux;

3° Correction du lit de l'exutoire sur 2.800 m. pour rectifier son lit (la Tresa, débitant de 4,5 à 233 m³/sec.) et lui donner une pente uniforme de 2,5 ‰;

4° Abaissement du fond du lac, dans un détroit.

Avantages escomptés : limiter les fluctuations à 1^m80 d'amplitude en abaissant les plus hautes crues de 1^m04 et en relevant le niveau d'étiage de 0^m29; faire passer le débit minimum de la Tresa de 4,5 à 8 m³/sec. et le débit maximum de 233 à 252 m³/sec.

Afin de fixer les idées, nous avons mis en parallèle, dans le tableau suivant, les données du problème tel qu'il se présente à Lugano et au Tanganika :

TABLEAU VIII.

Comparaison entre le lac de Lugano et le lac Tanganika.

	Lugano.	Tanganika.
Superficie du bassin hydrographique. km ²	614,5	238.700
Superficie du lac km ²	48,9	32.000
Développement de rives km.	93	1.830
Moyenne des pluies mm.	1.858	850
Précipitation moyenne m ³ /sec.	36,2	6.400
Écoulement moyen de l'exutoire... .. m ³ /sec.	24,83	100
Excédent moyen des apports sur l'évaporation. m ³ /sec.	24,81	183
Coefficient d'écoulement	0,687	0,029
Pertes par évaporation	0,313	0,971
pour la période (1).	1899-1912	1924-1936
Amplitude des variations du niveau. m.	3,13	2,53
pour la période	1864-1912	1906-1937
Un accroissement du débit de l'exutoire d'un m ³ par seconde produit en un an un abaissement du niveau du lac de. mm.	650	1
Pente moyenne à la tête de l'exutoire. cm./km.	250	25
sur... .. km.	2,8	8,768

On voit immédiatement que pour pouvoir agir sur le niveau du Tanganika avec la même efficacité que sur celui du lac de Lugano, il faudrait pouvoir écouler, dans l'exu-

(1) Pour les périodes considérées, les bilans hydrographiques des deux bassins peuvent donc s'écrire, en m³/sec. :

$$\text{Précipitations} = \text{écoulement} + \text{évaporation} + \text{accumulation.}$$

a) Lac de Lugano	36,2	=	24,83	+	11,39	-	0,02
b) Lac Tanganika	6.400	=	100	+	6.217	+	83

toire qui présente 10 fois moins de pente, des quantités d'eau 650 fois plus grandes...

614 Pendant la saison 1928-1929 les pertes par évaporation sur le Tanganika ont dépassé les apports d'une quantité qui correspond à une tranche de 25 cm. (n° 464), tandis que pendant la saison 1929-1930 les apports présentaient sur l'évaporation un excédent de 0^m78 (n° 532). Il saute aux yeux qu'on ne pourrait en aucun cas contre-balancer de telles variations des conditions climatologiques.

Mais on peut envisager l'utilisation de la Lukuga pour atténuer les fluctuations à longue période, c'est-à-dire pour régulariser le niveau moyen du lac.

Par exemple, pour la période 1924-1936, la cote moyenne des basses eaux est 773,58 et celle des hautes eaux 774,45 (tableau VII, n° 464); on aurait pu s'imposer de maintenir en tout temps le niveau du lac entre 773,00 et 775,00 : il aurait suffi de barrer la Lukuga pendant les années 1927-1928 et 1928-1929 (fig. 4) et d'augmenter son débit de 20 % pendant les six années suivantes. Mais, en 1933, on ne savait pas que la baisse des années 1932-1933 et 1933-1934 serait suivie d'une hausse brusque. Il est donc vraisemblable que, même si nous avions été maître du débit, nous n'aurions pas songé à l'accroître pendant ces années déficitaires, et nous aurions dû, sur les deux années 1934-1935 et 1935-1936, laisser échapper 16 cm. de plus que ce que la Lukuga écoula (13 cm. + 15 cm.), ce qui revenait à accroître son débit de plus de 50 % (tableau VII).

Et cet accroissement de débit, suffisant jusqu'aux hautes eaux de 1936, eût été impuissant à maintenir celles de 1937 au-dessous de la cote 775,00.

On en déduit que, pour que l'intervention de la Lukuga soit efficace, il faudrait que l'on puisse à volonté supprimer tout écoulement ou accroître considérablement son débit...

Le tableau suivant donne les caractéristiques des ouvrages d'accostage belges existants ou en construction sur le Tanganika :

TABLEAU IX.

Caractéristiques des ouvrages d'accostage du Tanganika.

PORT	GENRE	Longueur accostable en mètres.	Cote du fond.	Cote de la plateforme.	COÛT en francs.
Albertville . . .	Appontement en béton armé appuyé contre môle . . .	385	769,50	775,55 (1)	21.000.000
Kigoma (base belge)	Quai à rive sur pieux en béton armé	200	770,25	776,85	6.870.000
Uvira	Port intérieur, pieux jointifs en béton armé + môle en béton armé	180+200	769,40	776,65	24.526.000
Usumbura (en construction)	Appontement en béton armé	130	769,50	776,65	4.000.000

En battant un para fouille en palplanches métalliques devant le remblai en moellons du port de Kigoma, on pourrait y draguer le plafond vers la même cote (769,50) que celle des ports d'Albertville et d'Usumbura.

C'est donc cette cote 769,50 qui conditionne le niveau le plus bas sous lequel les eaux du Tanganika devraient ne pas descendre.

Les plus fortes unités de la flottille belge sont du type *Duc de Brabant* : 340 tonnes de charge utile, 350 CV., 54^m75 de longueur entre perpendiculaires, 8 m. de largeur au maître couple et 2^m50 de tirant d'eau en charge. Rien ne permet de supposer que le trafic du lac exigera d'ici plusieurs décades la mise en service de navires sensiblement plus grands, et à notre avis un mouillage de 3^m20

(1) La cote de la voie à l'extrémité du môle est 775,88; à l'enracinement du môle, elle est 775,70. Le pavement du bâtiment des recettes (gare) d'Albertville est à 777,17; celui des ateliers C. F. L. à 776,36. La voie ferrée entre la gare et l'aiguillage d'entrée (km. 271,9) est à 776,65.

réserve l'avenir, compte tenu des quelques décimètres nécessaires sous la quille des bateaux, même en rade abritée, pour éviter les « talonnages » lorsque le lac est agité. Nous arrivons ainsi à fixer au chiffre $769,50 + 3,20$ (mouillage) $+ 0,40$ (variation saisonnière) $= 773,10$ la cote au-dessus de laquelle il serait désirable de maintenir le niveau moyen du Tanganika. C'est donc à la cote $773,10 + 0,40$ (réserve pour série persistante d'années déficitaires) $= 773,50$ qu'il faudrait araser le barrage de retenue (pour la « série persistante d'années déficitaires », voir n° 472).

- 617 Pour déterminer la limite supérieure du niveau moyen, nous considérerons les ouvrages d'Albertville. C'est, de tous nos ports, celui dont la crête est la plus basse (775,55). Pour la surélever et la porter au niveau de l'appontement d'Usumbura et du terre-plein d'Uvira (776,65), il faudrait reconstruire complètement le hourdis en béton armé de l'appontement d'Albertville, afin de ne pas charger davantage les pieux de fondation; il faudrait aussi surhausser et élargir le môle en moellons; c'est dire que cette transformation ne pourrait s'obtenir qu'au prix de dépenses très élevées. Au surplus, la cale sèche, dont la porte est à la cote 774,67, devrait également être modifiée.

Nous retiendrons donc que la cote actuelle du port d'Albertville (775,55) reste inchangée. Nous nous assignerons dès lors une « revanche » de 50 cm., minimum indispensable pour se protéger contre la houle et, pour tenir compte des fluctuations saisonnières, nous majorerons cette revanche de 40 cm.; nous obtenons ainsi la cote $775,55 - (0,50 + 0,40) = 774,65$ comme limite supérieure du niveau moyen annuel.

- 618 Nous savons (n° 472) que pour arriver à équilibrer la hausse du lac pendant une série d'années pluvieuses, il faut pouvoir évacuer par la Lukuga quelque 16 milliards

de m^3 par an, correspondant à un débit moyen de $500 m^3$ par seconde.

En interprétant les observations du plan d'eau dans la Lukuga pour divers niveaux des eaux dans le lac (tableau VI et axes hydrauliques mentionnés sur la planche I), nous avons pu tracer une courbe des débits au profil E_{18} situé à la cumulée 8.768 m. à partir du lac. Cette courbe est reproduite sur la figure 13 (voir n° 625).

On constate que le débit de 500 mètres cubes par seconde s'obtient lorsque, dans le profil E_{18} , le niveau superficiel est à la cote 774^m45. Si donc on aménage la Lukuga sur près de 9 km., — ce qui entraînera déjà une dépense considérable, — on voit que l'on disposera, sur ces 9 km., d'une pente superficielle de 774,65— 774,45 = 0^m20, contre plus de 2 m. actuellement, et l'on se rend compte immédiatement que pour écouler $500 m^3/sec.$ avec une aussi faible pente — à peine 2 cm. par km. — il faudrait donner à la Lukuga, sur 9 km., une section démesurée...

On en tire la conclusion qu'il n'est pratiquement pas possible de maintenir le niveau du lac au-dessous de la cote 774,65, car il est évident qu'« un plan de défense contre les inondations ne doit pas seulement être techniquement possible et efficace. S'il coûte trop cher en face du risque annuel, largement évalué, des dommages, il vaut mieux ne pas engager les sommes nécessaires aux travaux » (PARDÉ, p. 181).

Pour donner une idée de l'ordre de grandeur, à la fois 619 des dépenses à engager et des résultats à escompter, nous allons rechercher dans quelle mesure on aurait pu atténuer les fluctuations du niveau du Tanganika si, au 1^{er} janvier 1928, on avait disposé à l'exutoire d'un barrage de 300 m. de développement arasé à la cote 773,50 et si en même temps les 8.768 premiers mètres de l'émissaire avaient présenté une largeur d'écoulement libre, c'est-

à-dire dégagée de toute végétation, à peu près double de celle existant actuellement dans la Lukuga à « l'état sauvage ».

Sur la planche I figurent les profils en travers de la rivière dans son état actuel, avec indication de la nature du sol et des accroissements de section envisagés (trait interrompu); ceux-ci doivent être réalisés par élargissement du lit et non par approfondissement, ce qui serait trop coûteux en raison de la présence d'une couche rocheuse affleurant dans les parties profondes du lit.

Les nouvelles sections ont été déterminées de façon que les terrassements n'affectent généralement que des ter-

TABLEAU X.
Cubature des déblais pour le calibrage de la Lukuga.

Profils.	Section m ²	Section moyenne m ²	Distance en m.	Cubature en m ³
E ₁₈	0	60	498	22.900
E ₁₇	120	119	517	61.500
E ₁₆	118	113	458	51.800
E ₁₅	109	133	652	86.900
E ₁₄	156	154	460	70.800
E ₁₃	151	179	560	100.000
E ₁₂	208	161	613	98.600
E ₁₁	115	78	470	36.500
E ₁₀	42	57	463	26.400
E ₉	52	59	617	36.400
E ₈	66	96	595	57.000
E ₇	125	143	675	96.500
E ₆	161	167	538	89.600
E ₅	173	166	352	91.700
E ₄	160	110	415	45.600
E ₃	60	108	425	46.000
E ₂	157	141	260	36.600
E ₁	125			
Totaux. . . .			8.768	1.054.800

rains meubles, et les talus des déblais ont été prévus à 6/4. Dans ces conditions, les calculs de cubatures peuvent se résumer dans le tableau X.

Les terrassements atteignent donc une moyenne de $1.054.800 : 9.768 = 120 \text{ m}^3$ par mètre courant.

Calibrage et calcul de l'axe hydraulique.

620

L'aménagement de la Lukuga devant porter sur les 8.768 m. compris entre les profils E₁ et E₁₈, le problème qui se pose est, étant donnés les profils en long et en travers de cette section de la rivière, de déterminer la forme de la surface libre, ou axe hydraulique.

On partira de l'équation du mouvement varié

$$\frac{dy}{ds} = \frac{bu^2}{R} + \frac{1}{2g} \frac{d(au^2)}{ds}$$

(Eynoux, *Hydraulique...*, p. 210, ou *Cours...*, p. 80), dans laquelle

ds = longueur suivant l'axe de la rivière;

$\frac{ds}{dy}$ = pente superficielle;

b = coefficient dépendant de la forme de la section d'écoulement et de la nature des parois;

u = vitesse moyenne;

R = rayon moyen (quotient $\frac{F}{p}$ de la section F par le périmètre mouillé p);

$g = 9,81 \text{ m./sec./sec.}$;

a = coefficient dépendant de l'inégale répartition des vitesses et par suite :

de la nature des parois;

de la forme et de la grandeur de la section d'écoulement;

des conditions initiales de répartition des vitesses.

622 On ne peut intégrer cette équation dans le cas d'un lit de rivière irrégulier; on utilisera la forme aux différences finies

$$h = \frac{b V_m^2}{R_m} L + a \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g},$$

dans laquelle (voir fig. 12)

h = différence de niveau entre l'amont et l'aval;

L = distance entre les profils d'amont et d'aval;

R_m = rayon moyen, que l'on peut, dans une rivière dont la largeur dépasse le décuple de la profondeur,

assimiler à la profondeur moyenne $\frac{t_1 + t_2}{2}$, t_1

et t_2 désignant les profondeurs moyennes dans les stations d'amont et d'aval (ENGELS, I, p. 69);

V_m = vitesse moyenne; $V_m^2 = V_1 V_2$, V_1 et V_2 étant les vitesses moyennes dans les profils d'amont et d'aval (1);

b et a sont les coefficients déjà définis ci-dessus.

Le calcul se poursuivra en considérant des profils de proche en proche, à partir d'un point aval où l'on connaît les conditions d'écoulement (EYDOUX, *Cours...*, p. 80).

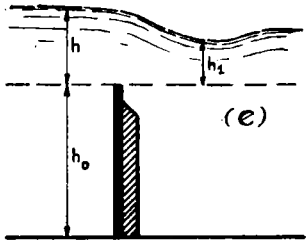
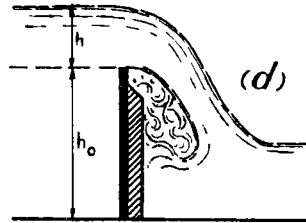
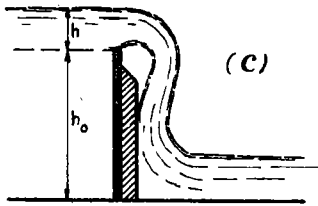
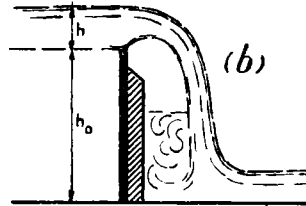
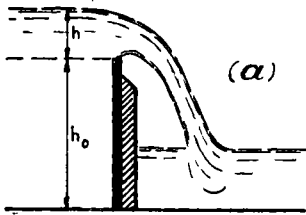
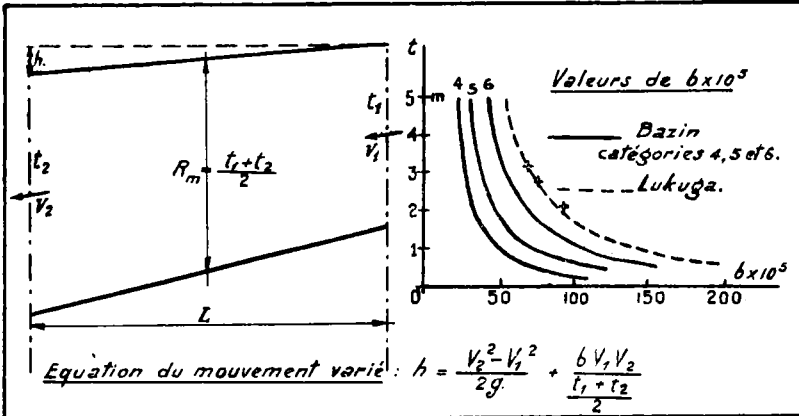
Dans une rivière telle que la Lukuga, b devra être déterminé par application de la formule à l'état naturel de la rivière; quant à a , dont la valeur, très mal connue, est voisine de 1,1, on pourra admettre $a=1$, les termes en $\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$ ayant d'ailleurs, comme nous le verrons par les exemples de calcul, très peu d'importance.

Finalement, la formule à appliquer peut s'écrire

$$h = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + b V_1 V_2 L : \frac{t_1 + t_2}{2}.$$

623 ENGELS (I, pp. 66 et 71) donne les valeurs de $C = \sqrt{\frac{1}{b}}$, d'après BAZIN (6^e catégorie : *Lit en terre présentant une*

(1) L'approximation $V_m = V_1 V_2$, en lieu et place de $V_m^2 = \left(\frac{V_1 + V_2}{2}\right)^2$, est admissible lorsque V_1 et V_2 ne sont pas très différents.



Formules des déversoirs.

Types (a) (b) (c) et (d):

$$Q = mh\sqrt{2gh}$$

Type (e):

$$Q = [m'(h-h_1) + m''h_1] \sqrt{2g(h-h_1)}$$

FIG. 12. — Mouvement varié et déversoirs.

résistance exceptionnelle, graviers et plantes aquatiques), et d'après HERMANEK (Cours d'eau naturels).

Nous reproduisons quelques-unes de ces valeurs de C dans le tableau suivant, que nous complétons par les valeurs correspondantes de b , de même que par les valeurs de b que nous pensons pouvoir attribuer au cas spécial de la Lukuga, en nous basant sur les considérations que nous allons développer.

Profondeur m.	C		$b \times 10^5$		Valeurs admises pour la Lukuga $b \times 10^5$
	Bazin.	Hermanek.	Bazin.	Hermanek.	
0 ^m 50	25,0	21,7	160,0	212,0	294,0
1 ^m 00	31,6	30,7	100,0	106,1	139,0
1 ^m 50	35,8	37,6	78,0	70,9	109,4
2 ^m 00	38,9	40,4	66,2	61,2	92,4
3 ^m 00	43,3	44,8	53,2	49,8	71,2
4 ^m 00	46,4	48,1	46,5	43,2	60,0
5 ^m 00	48,8	50,8	42,0	38,8	55,0

Le calcul de l'axe hydraulique dans l'état actuel de la Lukuga pour un débit de 200 m³ a montré, en effet, que les valeurs de b fournies par les formules de Bazin et Hermanek sont trop faibles. Si l'on considère (fig. 12) les courbes donnant, d'après Bazin ⁽¹⁾, la valeur de b pour différentes natures de parois (catégorie 4 : *Sections en terre très régulières; rigoles revêtues de perrés*; catégorie 5 : *Canaux en terre dans des conditions ordinaires*; catégorie 6 : *Canaux en terre présentant une résistance*

(1) En prenant le mètre et la seconde comme unités, la formule de Bazin peut s'écrire
$$U = \frac{87}{1 + \frac{G}{\sqrt{R}}} \sqrt{RI},$$

dans laquelle U désigne la vitesse moyenne; R le rayon moyen et I la pente superficielle.

Le coefficient C se tire de la relation
$$C = \sqrt{\frac{1}{b}} = \frac{87}{1 + \frac{G}{\sqrt{R}}}.$$

exceptionnelle, fonds de galets, parois herbues), on voit que ces courbes ont toutes la même allure; on peut donc admettre que les valeurs de b dans la Lukuga seront représentées par une courbe analogue.

En partant des conditions d'écoulement dans la Lukuga non aménagée (axes hydrauliques observés : voir n° 451), on a pu déterminer les valeurs de b correspondant à

$$t = 2^m 18, 2^{m+83} \text{ et } 3^m 18;$$

ces valeurs sont respectivement

$$b = 0,00091, b = 0,000763 \text{ et } b = 0,000665,$$

ce qui a permis de tracer la courbe des valeurs de b pour la Lukuga (fig. 12) et de remplir la dernière colonne du tableau précédent.

En interpolant par la méthode des différences, on trouve pour b les valeurs mentionnées dans le tableau XI.

TABLEAU XI.

Valeurs de b pour la Lukuga.

$t_{(m)}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1
$10^5 \times b$	294,0	244,0	204,0	174,0	154,0	139,0	129,0
$t_{(m)}$	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8
$10^5 \times b$	123,5	118,4	113,7	109,4	105,5	101,9	98,5
$t_{(m)}$	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5
$10^5 \times b$	95,4	92,4	89,7	87,1	84,7	82,4	80,2
$t_{(m)}$	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	3,2
$10^5 \times b$	78,2	76,3	74,5	72,8	71,2	69,7	68,3
$t_{(m)}$	3,3	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9
$10^5 \times b$	67,0	65,7	64,6	63,5	62,5	61,6	60,8
$t_{(m)}$	4,0	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6
$10^5 \times b$	60,0	59,2	58,6	58,0	57,5	57,0	56,5
$t_{(m)}$	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,3
$10^5 \times b$	56,1	55,7	55,4	55,0	54,7	54,3	54,0

624 Les valeurs de b ainsi trouvées ont été appliquées à l'état actuel de la rivière pour un débit de 200 m^3 ; l'axe hydraulique réel correspondant à ce débit a été observé le 8 septembre 1937 (tableau V, n° 451).

Le tableau n° XII donne le calcul de l'axe hydraulique théorique calculé; les cotes réellement observées figurent dans la colonne Hr ; dans ce tableau, ainsi que dans les

TABLEAU XII.

Vérification de l'axe hydraulique dans la Lukuga actuelle
pour un débit Q de $200 \text{ m}^3/\text{sec}$.

N°	H'	H''	t	l	F	V	V^2	$V_2^2 - V_1^2$	h' mm	$\frac{t_1+t_2}{2}$	$b \times 10^5$	$V_1 V_2$	L	h'' mm	h mm	H	Hr
18	70,22	72,62	2,40	80	192	1,04	1,08	0,08	4	2,67	78,6	1,04	498	153	157	72,62	72,62
17	69,83	72,78	2,95	68	200	1,00	1,00	0,06	3	2,72	77,6	0,97	517	144	147	72,78	72,83
16	70,43	72,92	2,49	83	207	0,97	0,94	0,12	6	3,03	71,8	0,88	458	95	101	72,92	73,03
15	69,17	73,03	3,56	62	221	0,91	0,82	-0,22	-11	3,19	69,1	0,93	652	132	121	73,03	73,07
14	70,34	73,15	2,81	70	197	1,02	1,04	-0,06	-3	2,60	80,0	1,07	460	151	148	73,15	73,14
13	70,91	73,29	2,38	80	190	1,05	1,10	-0,16	-8	2,54	81,2	1,18	560	212	204	73,29	73,31
12	70,80	73,50	2,70	66	178	1,12	1,26	0,75	37	2,96	73,0	0,81	613	123	160	73,59	73,40
11	70,45	73,66	3,21	87	279	0,72	0,51	-0,46	-23	2,80	76,0	0,71	470	91	68	73,66	73,55
10	71,34	73,73	2,39	85	203	0,98	0,97	0,30	15	2,74	77,2	0,80	463	105	120	73,73	73,84
9	70,75	73,84	3,09	79	244	0,82	0,67	-0,33	-16	3,36	66,6	0,82	618	101	85	73,85	73,95
8	70,31	73,94	3,63	55	200	1,00	1,00	0,22	11	3,20	68,9	0,89	595	114	125	73,93	74,01
7	71,30	74,06	2,76	81	224	0,89	0,78	-0,18	-9	3,00	72,3	0,87	675	142	133	74,06	74,10
6	70,95	74,19	3,24	63	204	0,98	0,96	0,38	19	2,81	75,8	0,74	538	108	127	74,19	74,25
5	71,94	74,32	2,38	110	262	0,76	0,58	-0,78	-39	2,49	82,2	0,89	552	162	123	74,32	74,44
4	71,83	74,43	2,60	66	172	1,17	1,36	-0,06	-3	2,55	81,0	1,40	415	185	182	74,44	74,53
3	72,12	74,62	2,50	67	168	1,19	1,42	+0,59	+30	2,33	84,0	1,08	425	165	195	74,62	74,62
2	72,66	74,82	2,16	102	220	0,91	0,83	+0,66	+34	1,90	95,4	0,37	260	48	82	74,82	74,76
1	72,87	74,91	1,64	-	491	0,41	0,17									74,90	74,88

deux suivants (n^{os} XIII et XIV), figurent, outre les quantités déjà définies,

h' = premier terme de h , soit $\frac{V_2^2 - V_1^2}{2g}$;

h'' = deuxième terme de h , soit $b V_1 V_2 L : \frac{t_1 + t_2}{2}$;

H' = niveau du fond moyen, au-dessus du plan de référence 700,00;

H'' = niveau présumé de l'eau, au-dessus du plan de référence 700,00;

H = niveau calculé de l'eau, au-dessus du plan de référence 700,00;

t = profondeur moyenne dans un profil;

l = largeur de la surface libre dans un profil.

La correspondance entre les cotes calculées H et les cotes réelles H_r est très satisfaisante, si l'on tient compte surtout de ce que ces dernières n'ont pu être observées qu'à quelques centimètres près. Il en résulte que les valeurs adoptées pour b se rapportent effectivement aux conditions d'écoulement dans la Lukuga.

Pour le calcul des axes hydrauliques après aménagement de la rivière, on part du niveau connu en E_{18} et l'on calcule de proche en proche le niveau que l'on obtiendra en E_1 en se basant sur les valeurs de b que nous venons de vérifier. 625

Les tableaux XIII et XIV donnent les résultats de ce calcul respectivement pour les débits de 100 et 500 m³/sec. (1).

Pour connaître le niveau de l'eau en E_{18} correspondant à ces débits, on a procédé comme suit : la pente de la rivière dans son état actuel étant sensiblement constante

(1) L'établissement de ces tableaux a nécessité de nombreux tâtonnements, du fait que l'on doit procéder par approximations successives, afin que les cotes calculées H concordent pratiquement avec les cotes présumées H'' .

(voir n° 452 et planche I), on peut utiliser comme courbe des débits en E_{18} celle qui donne la relation entre le débit et la lecture à Albertville (fig. 8), à condition évidemment

TABLEAU XIII.

 $Q = 100 \text{ m}^3/\text{sec.}$

Nos	H'	H''	t	F	V	V ²	V ₂ ² -V ₁ ²	h'	$\frac{1}{2}(t_1+t_2)$	$10^3 \times b$	L	V ₁ V ₂	h''	h	H
18	70,22	71,78	1,56	130	0,77	0,59	+0,48	0,024	1,90	95,4	498	0,26	0,065	0,089	71,78
17	69,63	71,87	2,24	303	0,33	0,11	-0,05	-0,003	1,89	95,0	517	0,13	0,033	0,030	71,87
16	70,35	71,90	1,55	251	0,40	0,16	+0,04	+0,002	2,00	92,4	458	0,14	0,029	0,031	71,90
15	69,37	71,93	2,56	291	0,34	0,12	-0,03	-0,002	2,09	89,4	652	0,13	0,036	0,034	71,93
14	70,34	71,96	1,62	256	0,39	0,15	-0,11	-0,006	1,37	115,6	460	0,20	0,077	0,071	71,96
13	70,91	72,03	1,12	196	0,51	0,26	+0,15	+0,008	1,66	103,7	560	0,17	0,059	0,067	72,03
12	69,90	72,10	2,20	297	0,33	0,11	-0,08	-0,004	1,95	91,0	613	0,14	0,042	0,038	72,10
11	70,45	72,14	1,69	228	0,44	0,19	-0,24	-0,012	1,30	118,4	470	0,29	0,125	0,113	72,14
10	71,34	72,25	0,91	154	0,66	0,43	+0,22	+0,012	1,27	119,4	463	0,30	0,133	0,145	72,25
9	70,76	72,40	1,64	217	0,46	0,21	-0,04	-0,002	1,38	114,6	618	0,23	0,121	0,117	72,40
8	71,41	72,52	1,11	199	0,50	0,25	+0,07	+0,004	1,28	118,9	595	0,21	0,116	0,120	72,52
7	71,20	72,64	1,44	236	0,42	0,18	-0,02	-0,001	1,47	110,6	675	0,19	0,095	0,094	72,64
6	71,23	72,73	1,50	223	0,45	0,20	+0,07	+0,003	1,36	115,5	538	0,16	0,072	0,079	72,73
5	71,59	72,81	1,22	282	0,35	0,13	-0,16	-0,008	1,01	138,0	552	0,19	0,142	0,134	72,81
4	72,14	72,94	0,80	185	0,54	0,29	-0,02	-0,001	0,80	174,0	415	0,30	0,271	0,270	72,94
3	72,42	73,22	0,80	178	0,56	0,31	+0,02	+0,001	0,75	186,0	425	0,30	0,316	0,317	73,21
2	72,84	73,53	0,69	184	0,54	0,29	+0,12	+0,006	0,75	180,0	260	0,22	0,138	0,144	73,53
1	72,87	73,67	0,80	242	0,41	0,17									73,67

de décaler l'échelle des hauteurs; aucun jaugeage n'ayant été effectué pour un débit supérieur à $275 \text{ m}^3/\text{sec.}$, on a extrapolé en posant

$$Q = k(H - H_0)^{3/2}$$

et en déterminant k et H_0 à l'aide des points connus. On

TABLEAU XIV.

 $Q = 500\text{m}^3/\text{sec.}$

N ^{os}	H'	H''	t	F	V	V ²	$V_2^2 - V_1^2$	h'	$\frac{1}{2}(t_1+t_2)$	$10^5 \times b$	L	$V_1 V_2$	h''	h	H
18	70,22	74,45	4,23	338	1,48	2,20	+1,68	+0,086	4,60	56,5	498	1,07	0,065	0,151	74,45
17	69,63	74,60	4,97	692	0,72	0,52	+0,02	+0,001	4,63	56,4	517	0,50	0,031	0,032	74,60
16	70,35	74,63	4,28	709	0,70	0,50	-0,14	-0,007	4,78	55,1	458	0,56	0,029	0,022	74,63
15	69,37	74,65	5,28	623	0,80	0,64	+0,14	+0,007	4,82	55,6	652	0,56	0,042	0,049	74,65
14	70,34	74,70	4,36	706	0,71	0,50	-0,05	-0,003	4,09	59,3	460	0,52	0,035	0,030	74,70
13	70,91	74,73	3,82	674	0,74	0,55	+0,03	+0,002	4,34	57,8	560	0,53	0,040	0,042	74,73
12	69,90	74,77	4,87	695	0,72	0,52	-0,17	-0,009	4,61	56,5	613	0,60	0,045	0,036	74,77
11	70,45	74,81	4,36	603	0,83	0,69	+0,02	+0,001	3,94	60,4	470	0,68	0,049	0,050	74,81
10	71,34	74,86	3,52	610	0,82	0,67	-0,23	-0,012	3,83	61,2	463	0,78	0,057	0,045	74,86
9	70,76	74,91	4,15	529	0,95	0,90	+0,33	+0,017	3,87	61,0	618	0,72	0,070	0,087	74,91
8	71,41	75,00	3,59	661	0,76	0,57	-0,04	-0,002	3,72	62,3	595	0,59	0,059	0,057	75,00
7	71,20	75,06	3,86	642	0,78	0,61	-0,04	-0,002	3,87	61,0	675	0,62	0,066	0,064	75,06
6	71,23	75,12	3,89	623	0,80	0,65	+0,30	+0,015	3,74	62,0	538	0,47	0,042	0,057	75,12
5	71,59	75,18	3,59	841	0,59	0,35	-0,13	-0,007	3,33	66,5	552	0,41	0,045	0,038	75,18
4	72,14	75,22	3,08	719	0,69	0,48	-0,14	-0,007	2,96	71,8	415	0,55	0,055	0,048	75,22
3	72,42	75,27	2,85	635	0,79	0,62	+0,09	+0,005	2,68	76,6	425	0,57	0,069	0,077	75,27
2	72,81	75,34	2,50	688	0,72	0,53	+0,10	+0,005	2,51	80,0	260	0,47	0,039	0,044	75,34
1	72,87	75,39	2,52	763	0,66	0,43									75,38

obtient ainsi la courbe Q_{18} des débits en E_{18} en fonction des niveaux, mentionnée sur la figure 13. On voit que

pour $Q = 100 \text{ m}^3$, $H = 771,78$;

pour $Q = 500 \text{ m}^3$, $H = 774,45$.

Les résultats fournis par les tableaux XIII et XIV donnent pour le niveau en E_1 :

pour $Q = 100 \text{ m}^3$, $H = 773,67$;

pour $Q = 500 \text{ m}^3$, $H = 775,38$,

et, procédant comme pour E_{18} , on peut déterminer le niveau en E_1 , en fonction du débit après aménagement de la rivière, par la relation

$$Q_1 = 120 (H - 772,80)^{3/2}.$$

La courbe correspondante Q_1 est représentée sur la figure 13.

630

Barrage et calcul du déversoir.

631 Nous avons vu au n° 616 que pour assurer un mouillage convenable dans les ports il fallait installer la crête du déversoir à la cote 773,50.

La présence de ce déversoir aura évidemment pour effet de relever le plan d'eau dans le lac et l'on réduira cet exhaussement en donnant au déversoir une grande largeur.

Nous considérerons que le déversoir a été installé dans le profil E_1 corrigé, que sa crête, de 300 m. de longueur, est arasée à la cote 773,50 (la hauteur moyenne h_0 est donc de 0^m63) et qu'il est constitué de palplanches métalliques. Nous admettrons qu'un déversoir ainsi établi constitue une « mince paroi »; cette hypothèse n'est pas tout à fait exacte, si l'on utilise des palplanches type « Ougrée », la forme ondulée du rideau ayant certainement une influence sur la formation des différents types de nappe; mais nous verrons plus loin que cette considération est accessoire; on pourrait d'ailleurs utiliser des palplanches donnant une ligne de crête rectiligne (type « Universel », par exemple). Il est entendu qu'un tel déversoir devra se prolonger par des joues ou culées en saillie sur les rives, afin qu'il ne puisse pas être contourné par le courant, et qu'il devra être protégé à l'amont et à l'aval par un radier formant parafouille.

632

Tant que le débit sera inférieur à 70 m³/sec., l'eau se trouvera en aval à un niveau inférieur à celui du seuil du

déversoir; pour les débits supérieurs à $70 \text{ m}^3/\text{sec.}$, le déversoir sera noyé (fig. 13).

Nous examinerons séparément les deux cas.

Nous donnerons à cette question un certain développement, pour montrer combien le problème du déversement est encore mal au point et combien il faut être prudent dans l'emploi des formules empiriques fournies par des aide-mémoire; en réalité, chaque type de déversoir exige en quelque sorte une formule particulière qui ne pourra être établie qu'après des recherches expérimentales. L'utilité de ces recherches est d'ailleurs de recommandation générale en hydraulique.

Pour le déversoir non noyé (débits inférieurs à $633 \text{ m}^3/\text{sec.}$), le débit par mètre de largeur est donné par la formule de Du Buat (1786) :

$$Q = mh \sqrt{2gh} = 4,33 m l^3.$$

Tout le problème réside dans le choix du coefficient de débit m . Du Buat, en négligeant la vitesse d'amont, mais en tenant compte des contractions latérale et inférieure, attribue à m la valeur 0,418; divers auteurs ont, après lui, attribué au coefficient m , quand la vitesse d'amont est nulle (ou négligeable), des valeurs comprises entre 0,403 et 0,434; selon M. MOURET (*Cours d'Hydraulique de l'École nationale des Ponts et Chaussées*, Paris, 1929-1930, p. 617), la valeur la plus probable est celle de Frese ($m=0,410$).

Mais, en pratique, la vitesse d'amont n'est pas nulle; elle est d'autant plus grande que l'épaisseur de la lame déversante (charge) est plus grande par rapport à la hauteur du barrage; la vitesse nulle en amont correspondrait à un déversoir de hauteur infinie.

Différentes formules ont été proposées pour tenir compte de la vitesse d'amont, soit en modifiant le coefficient de débit m , soit en majorant la charge sur le seuil

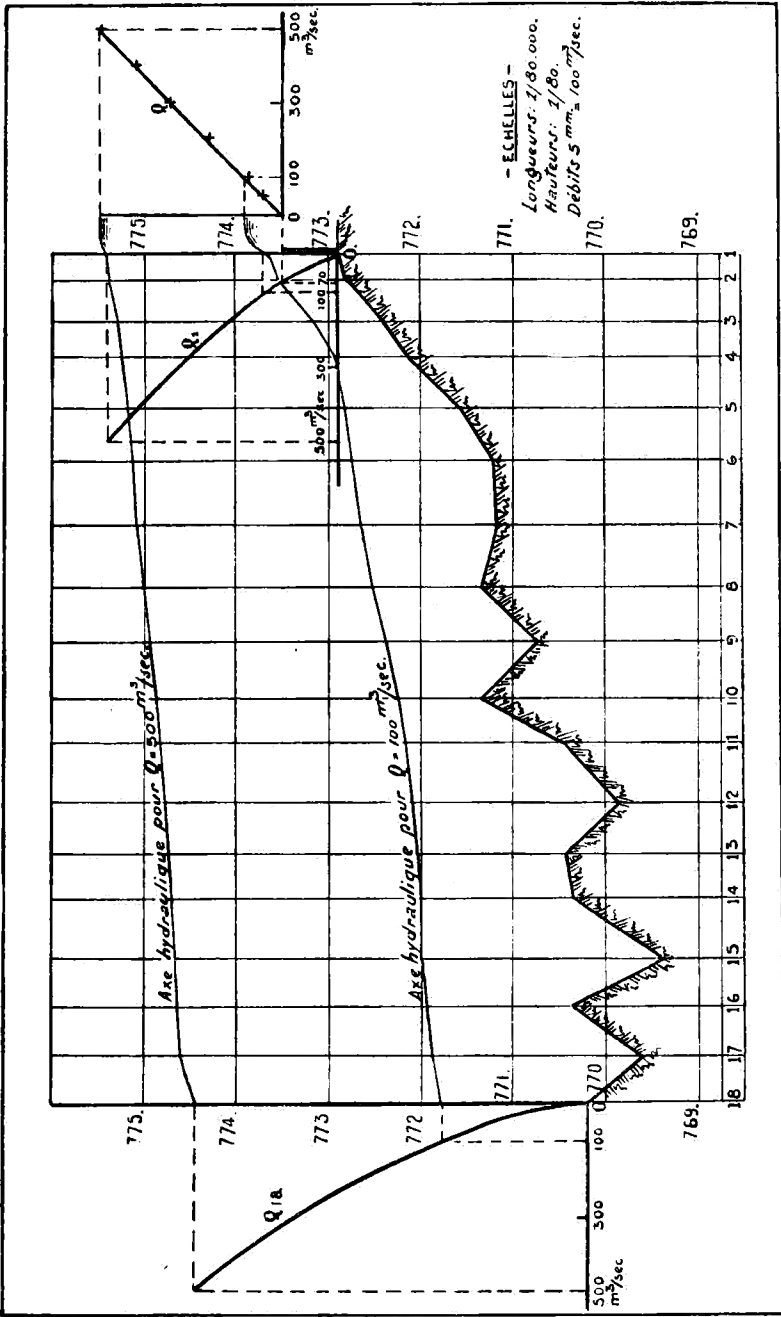


FIG. 13. — Axes hydrauliques et courbes des débits dans la Lukuga, après aménagement.

de $\frac{h_0^2}{2g}$. Celle de Bazin (1898) est la plus couramment employée; elle est du premier type; les valeurs de m ont été déterminées sur des déversoirs établis dans une rigole de 2 m. de largeur, de 1^m60 de profondeur, ayant une pente de 1 mm. par mètre sur 200 m. de longueur; les déversoirs avaient de 0^m24 à 1^m13 de hauteur; les charges ont varié de 0^m05 à 0^m55.

Les résultats obtenus ont été condensés en graphiques et tableaux, que l'on trouve dans les aide-mémoire. Pour un déversoir de 0^m60 (hauteur moyenne du déversoir à réaliser : 0^m63), les valeurs de m , en cas d'écoulement par nappe libre, varient de 0,435 à 0,449, pour des charges comprises entre 0^m05 et 0^m30.

Mais l'écoulement en nappe libre (fig. 12a) n'est qu'un 634 cas particulier. Bazin a observé comme suit les passages successifs de l'une à l'autre forme de nappe, sur un déversoir à mince paroi formé de poutrelles de hauteur $h_0 = 0^m75$ (MOURET, p. 581-582) :

a) Tant que la charge h est inférieure à 235 mm. ($\frac{h_0}{h} = 3,2$), la nappe est déprimée (fig. 12b), et à mesure que la charge augmente, le niveau de l'eau stagnante sous la nappe s'élève progressivement. Lorsque la charge atteint 235 mm., l'air se trouve complètement éliminé, et la nappe devient subitement adhérente (fig. 12c);

b) On maintient alors le débit constant; cependant le niveau d'amont ne reste pas invariable; il s'abaisse, la charge diminue et se réduit à $h = 210$ mm. ($\frac{h_0}{h} = 3,56$). L'écoulement, dans cette période, n'est plus permanent;

c) Lorsque le minimum de charge est atteint, on poursuit de nouveau l'augmentation du débit; le niveau du bief amont se relève et la charge augmente sans que l'adhérence de la nappe se trouve détruite. Si l'on maintient maintenant le débit constant, la charge ne varie pas, l'écoulement redevient permanent. La nappe adhérente est donc bien une forme stable;

d) Lorsque la charge approche de 295 mm. ($\frac{h_0}{h} = 2,54$), la sta-

bilité de la nappe est détruite, l'adhérence a cessé et la nappe passe à l'état de nappe noyée en dessous (fig. 12*d*). Le niveau d'amont, quoique le débit soit maintenu constant, se relève jusqu'à ce que la charge atteigne 310 mm. ($\frac{h_0}{h} = 2,41$);

e) On reprend alors l'augmentation de débit, mais la forme de la nappe ne change plus. Cependant, par suite de l'augmentation du débit, il arrive un moment où le niveau d'aval, qui se relève toujours, atteint le niveau du seuil du déversoir, puis le dépasse; la nappe est alors en partie noyée. Finalement, elle passe brusquement à la forme de nappe ondulée (fig. 12*e*), lorsque la chute de la surface libre s'est suffisamment atténuée.

Ces observations de Bazin montrent que les changements de forme de la nappe ne sont pas liés nécessairement à un accroissement de débit. Pour certaines valeurs du débit, le mouvement permanent n'est pas possible, et il ne se rétablit que lorsque la nappe change de forme.

Si maintenant, au lieu de faire croître la charge en augmentant le débit, on diminue progressivement le débit correspondant à la nappe ondulée, on observe les mêmes passages de formes de nappes dans l'ordre inverse; toutefois les changements de forme ne se produisent plus exactement sous les mêmes charges. La succession des différents modes de mouvement qui donnent lieu à des nappes de formes variées n'est pas exactement réversible. Comme les courbes d'hystérésis, les courbes de montée et de descente de la charge en fonction du débit ne sont pas identiques.

Il résulte de là que le mode de mouvement, c'est-à-dire la forme d'une nappe, ne dépend pas uniquement du débit; il dépend aussi des circonstances qui ont précédé l'établissement du régime d'écoulement. Il n'est pas le même si ce débit a été réalisé par une variation dans un sens et une variation dans le sens opposé. Etant donc donnée la valeur du débit, plusieurs modes de déversement sont possibles. Inversement, sous une même charge, le débit n'est pas déterminé, car il dépend de la forme de la nappe.

Puisque, sous une même charge, la nappe peut prendre des formes différentes, le débit sera susceptible de valeurs différentes. Bazin a constaté, par exemple, que sous une charge de 0^m20 sur un déversoir de 0^m75 de hauteur ($\frac{h_0}{h} = 3,75$), l'écoulement de l'eau peut se faire par quatre modes différents, et le

coefficient de débit peut avoir ainsi quatre valeurs distinctes; les différences atteignent jusqu'à 30 %, comme le montre le tableau ci-dessous relatif au coefficient de débit :

	Valeur du coefficient de débit m .
Nappe libre	0,433
» déprimée	0,460
» noyée en dessous	0,497
» adhérente, noyée à l'aval	0,341
» » libre à l'aval.	0,554

Ce tableau permet de se rendre compte des erreurs auxquelles on est exposé quand on ne tient pas compte de cette diversité dont sont susceptibles les modes d'écoulement sur un même déversoir.

Bazin a donné pour les différents types de nappes les 635 valeurs du coefficient de débit m' , ou plutôt du module

de débit $K = \frac{m'}{m}$ qui exprime le rapport entre le débit de la nappe considérée et celui qu'aurait une nappe libre sous la même charge.

On a les valeurs suivantes de K :

Nappes adhérentes (fig. 12, c) : 1,17 à 1,31; ce type de nappe ne nous intéresse pas, car selon Bazin il ne peut se former que si le parement aval du barrage en poutrelles est situé en avant du déversoir à mince paroi qui surmonte le barrage à une distance supérieure au tiers de la charge.

Si même la nappe adhérente se forme pour les très petits débits, l'erreur de 25 % environ que l'on ferait sur un débit qui ne peut excéder 40 m³ ne représenterait finalement que 10 m³, soit une erreur de 0^m01 sur le niveau du lac au bout d'un an.

On ne peut évidemment espérer une telle approximation et nous devons surtout nous intéresser aux grands débits.

Nappes noyées en dessous (fig. 12, d) : cette nappe ne subsiste que si la différence de niveau entre le seuil et le plan d'eau d'aval est inférieure à $0,45 h$; si le niveau d'aval est trop bas, la nappe devient adhérente ou déprimée; la nappe à ressaut éloigné ne peut se former avec un déversoir à mince paroi que si la charge atteint au moins $0,4 h_0$ (hauteur ou saillie du barrage au-dessus du fond), soit 0^m25 dans le cas du profil E_1 de la Lukuga. Or, lorsque la charge y atteint 0^m30 environ, le débit du déversoir est de l'ordre de $70 \text{ m}^3/\text{sec.}$ et la nappe est influencée par l'aval, car le barrage commence à être noyé (n° 632). La nappe noyée en dessous, à ressaut éloigné, ne se produira donc que pour une très petite zone : charges comprises entre 0^m25 et 0^m30 .

Le débit ne diffère d'ailleurs que de 6% de celui de la nappe libre ($K=0,93$ pour $h_0/h=1/2,5$). En pratique, nous pourrions donc, jusqu'à $70 \text{ m}^3/\text{sec.}$, adopter la formule des nappes libres.

Pour ce qui concerne le choix du coefficient m , remarquons que les tables de Bazin s'appliquent au cas d'un déversoir installé sur le cours d'un canal; notre déversoir devant être installé à l'origine de l'émissaire, c'est-à-dire dans le lac, les conditions sont modifiées, notamment en ce qui concerne la vitesse d'amont, qui sera moindre que dans les expériences qui ont donné naissance aux tables.

Or une réduction de la vitesse d'amont entraîne une réduction de la charge totale $(h + \frac{u_0^2}{2g})$ pour une même charge apparente h . Nous devrions donc adopter des coefficients de débit inférieurs à ceux de Bazin; ceux-ci étant compris entre $0,425$ et $0,449$, nous pourrions adopter $0,43$ comme valeur du coefficient m et conserver cette valeur tant que le déversoir n'est pas noyé. En résumé, la formule de Du Buat, donnant le débit par mètre de largeur, devient $Q = 4,33 \times 0,43 h^{\frac{3}{2}} = 1,862 h^{\frac{3}{2}}$.

Nous avons alors, pour différents niveaux du lac, les débits suivants :

Niveau du lac.	Charge h mètre.	Débit par mètre courant litr./sec	Débit total $m^3/sec.$
773,50	0	0	0
773,55	0,05	21	6
773,60	0,10	60	18
773,65	0,15	108	32
773,70	0,20	167	51
773,75	0,25	233	70

Pour des débits supérieurs à $70 m^3/sec.$, le déversoir est noyé (fig. 12, e).

On manque d'expériences relativement à ce mode d'écoulement; celles de Bazin se sont limitées à des lames déversantes dont l'épaisseur n'excédait pas $7/10$ de la hauteur du barrage. Les valeurs du module $K = \frac{m'}{m}$ qu'il a fournies ne peuvent être employées que dans ces limites; nous les utiliserons pour vérifier, dans le cas des faibles débits, les résultats obtenus par la formule dont question ci-dessous, mais il ne pourrait en être fait usage quand, par exemple, le débit atteignant $500 m^3/sec.$, le niveau en aval dépasse de près de $2 m.$ la crête du déversoir et la lame a une épaisseur triple de la hauteur du barrage.

Pour les cas de l'espèce, des aide-mémoire donnent la formule de Redtenbacher :

$$Q = [0,57(h-h_1) + 0,62h_1] \sqrt{2g(h-h_1)}.$$

Cette formule, citée par PACORET (I, p. 298), exprime la règle, énoncée par Du Buat en 1786, que l'écoulement en question est assimilé à la superposition d'un déversement et d'un écoulement par un orifice. Outre que cette assimilation est assez difficile à justifier, on peut remarquer que si l'on passe aux limites, la formule donne des résultats manifestement inexacts.

En effet, dans le cas où le déversoir a une hauteur

nulle (ne fait donc pas saillie sur le fond, c'est-à-dire disparaît), on devrait retrouver la formule du mouvement varié :

$$v - v_0 = k \sqrt{2g(h - h_1)},$$

dans laquelle le coefficient k , qui tient compte de l'inégale répartition des vitesses, est très voisin de l'unité (0,95 en moyenne). On devrait donc avoir, en supposant v_0 nul, hypothèse admissible dans le cas d'un déversoir situé à l'exutoire d'un lac, à condition de mesurer le niveau d'amont assez loin du déversoir,

$$\begin{aligned} Q &= 0,95 \frac{h - h_1}{2} \sqrt{2g(h - h_1)} \\ &= [0,475(h - h_1) + 0,95h_1] \sqrt{2g(h - h_1)}. \end{aligned}$$

On voit donc que le coefficient 0,62 de la formule de Redtenbacher est largement erroné pour les seuils peu saillants ou, tout étant relatif, pour les nappes très épaisses.

C'est pourquoi M. KOEHLIN (*Mécanisme de l'Eau*, I, pp. 271, 274) propose d'attribuer à ce coefficient des valeurs variant entre 0,6 et 0,8 lorsque le rapport h_1/h_0 entre l'épaisseur de la nappe et la hauteur du barrage varie entre 0,1 et 2; pour h_1/h_0 très grand, il propose la valeur 0,9. En même temps, il remplace le coefficient 0,57 de la formule de Redtenbacher par 0,50.

ENGELS (I, pp. 504 à 508) propose une formule du type

$$Q = m [2,3(h - h_1) + h_1] \sqrt{2g(h - h_1)}$$

et donne (*Complément*, 1926, pp. 17 à 19) les résultats d'expériences effectuées sur le seuil noyé du barrage mobile d'Augst-Whylen, sur le Rhin; on a trouvé pour le coefficient m des valeurs comprises entre 0,834 et 0,865 pour des valeurs de h_1/h_0 variant de 1 à 2 (lames de 2^m10 à 3^m87 sur un seuil de 2 m.).

La formule d'Engels est analogue à celle de Koechlin et les expériences qu'il rapporte justifient les valeurs proposées pour les coefficients.

Nous adopterons donc la formule

$$Q = [m' (h - h_1) + m'' h_1] \sqrt{2g (h - h_1)},$$

dans laquelle $m' = 0,5$ et m'' varie de $0,6$ à $0,9$ pour des valeurs croissantes de h_1/h_0 ; dans le cas qui nous occupe, $h_0 = 0^m63$.

Remarquons que la formule ainsi corrigée n'a pas plus de valeur théorique que dans sa forme primitive, mais on peut la considérer comme assurant la transition entre celle relative au déversement en nappe libre et celle relative au mouvement varié.

Remarquons encore que, par analogie avec le mouvement varié, il doit se produire un relèvement de la surface de l'eau en aval du barrage, où la section est plus grande qu'au droit du déversoir; ce relèvement a été constaté expérimentalement (nappe ondulée de Bazin, fig. 12e); en le négligeant, nous exagérons la perte de charge due au déversoir et faisons donc une hypothèse très légèrement défavorable.

Applicant la formule à des débits compris entre 100 638 et 500 m³/sec., on obtient les résultats suivants, toutes les hauteurs étant exprimées en mètres :

Qm ³ /sec.		h ₁ (m.)	m''	h - h ₁ (m.)	h (m.)	Niveau du lac (m.)
Total.	par m.					
100	0,33	0,20	0,63	0,14	0,34	773,84
200	0,67	0,70	0,71	0,08	0,78	774,28
300	1,00	1,14	0,75	0,06	1,20	774,70
400	1,33	1,53	0,80	0,06	1,59	775,09
500	1,67	1,90	0,84	0,05	1,95	775,45

Le premier résultat peut être vérifié à l'aide des tables de Bazin, qui sont applicables aux faibles valeurs de h_1/h_0 . Pour $h_1/h_0 = 0,20/0,63 = 0,32$ et $\frac{h-h_1}{h_0} = 0,14/0,63 = 0,22$, on a, d'après les tables de Bazin (*Notes et formules de LAHARPE*, I, p. 807) : $\frac{m'}{m} = 0,83$; or, nous avons admis (n° 635)

$$m = 0,43 ; \text{ donc } m' = 0,36.$$

On trouve alors

$$Q = 0,36 h \sqrt{2gh} = 1,55 \times (0,34)^{3/2} = 0,307 \text{ m}^3/\text{sec.},$$

alors que le débit par mètre courant est **0,33** m³/sec.

L'écart entre les résultats fournis par les formules de Bazin et de Koechlin est donc de l'ordre de 8 %; la concordance est satisfaisante, compte tenu de l'insuffisance des données expérimentales relatives aux déversoirs noyés.

On arrive ainsi à tracer pour le débit Q de la Lukuga aménagée, en fonction du niveau du lac, la courbe représentée sur la figure 13, courbe que l'on peut, avec une approximation suffisante et vu l'échelle adoptée, assimiler à une droite d'équation $Q = 256 (H - 773,50)$, H étant le niveau du lac à Albertville.

639 On pourrait songer à accroître le débit relatif à un niveau donné du lac en augmentant la longueur du déversoir, par exemple en substituant au déversoir normal situé en E_1 un déversoir oblique qui ne pourrait être installé qu'en aval.

Les expériences sur les déversoirs obliques dans des cours d'eau naturels font défaut; le D^r Eichel a expérimenté en 1907, à Karlsruhe, sur des canaux de 25 et 50 cm. de largeur (MOURET, p. 653); ses résultats ne sont valables que si le rapport h/h_0 de la charge à la hauteur du déversoir est inférieur à 0,62; il a trouvé ainsi qu'une obliquité de 45° n'accroît le débit que de 30 %, bien que la longueur du déversoir soit augmentée de 41 %; la perte de rendement résulte de l'accroissement de la vitesse en

amont. Cette perte de rendement correspond à celle que l'on détermine par les coefficients de réduction (0,94 pour 45°) cités par PACORET (I, p. 301), d'après M. Levy-Salvador.

On pourrait éviter cette perte en installant le déversoir oblique dans le lac (déversoir courbe ou en chevron, par exemple); mais, même dans ce cas, le gain serait minime, car pour les débits vraiment intéressants le déversoir est noyé et le débit est commandé par les conditions d'aval bien plus que par les caractéristiques du déversoir. Il est évident que, quel que soit le développement que l'on donne au déversoir, on ne pourra pas gagner grand'chose sur la perte de charge de 5 à 8 cm. qui correspond aux débits supérieurs à 200 m³/sec.

On ne peut, d'autre part, raccourcir le barrage, car il faudrait le déplacer vers l'aval, où la rivière est moins large; son seuil devrait rester à la cote 773,50 pour satisfaire aux conditions de basses eaux; du fait de la perte de charge qui se manifesterait entre E₁ et le nouvel emplacement, le débit correspondant à un niveau déterminé du lac serait sensiblement diminué.

En résumé, il n'y aurait pas d'intérêt à envisager une autre solution que le déversoir de 300 m. en E₁ et nous pouvons nous borner à étudier les résultats que procurerait un tel barrage.

Résultats à escompter et conclusions.

640

Pour tracer le diagramme des niveaux du lac que l'on aurait obtenus si, à la date du 1^{er} janvier 1928, on avait disposé de la Lukuga aménagée comme il a été expliqué aux n^{os} 619 et 631 (calibrage et barrage de retenue), nous procéderons comme suit :

Soit A₁ A₃ (fig. 14) un tronçon du diagramme des niveaux observés, tronçon suffisamment petit pour qu'on

*

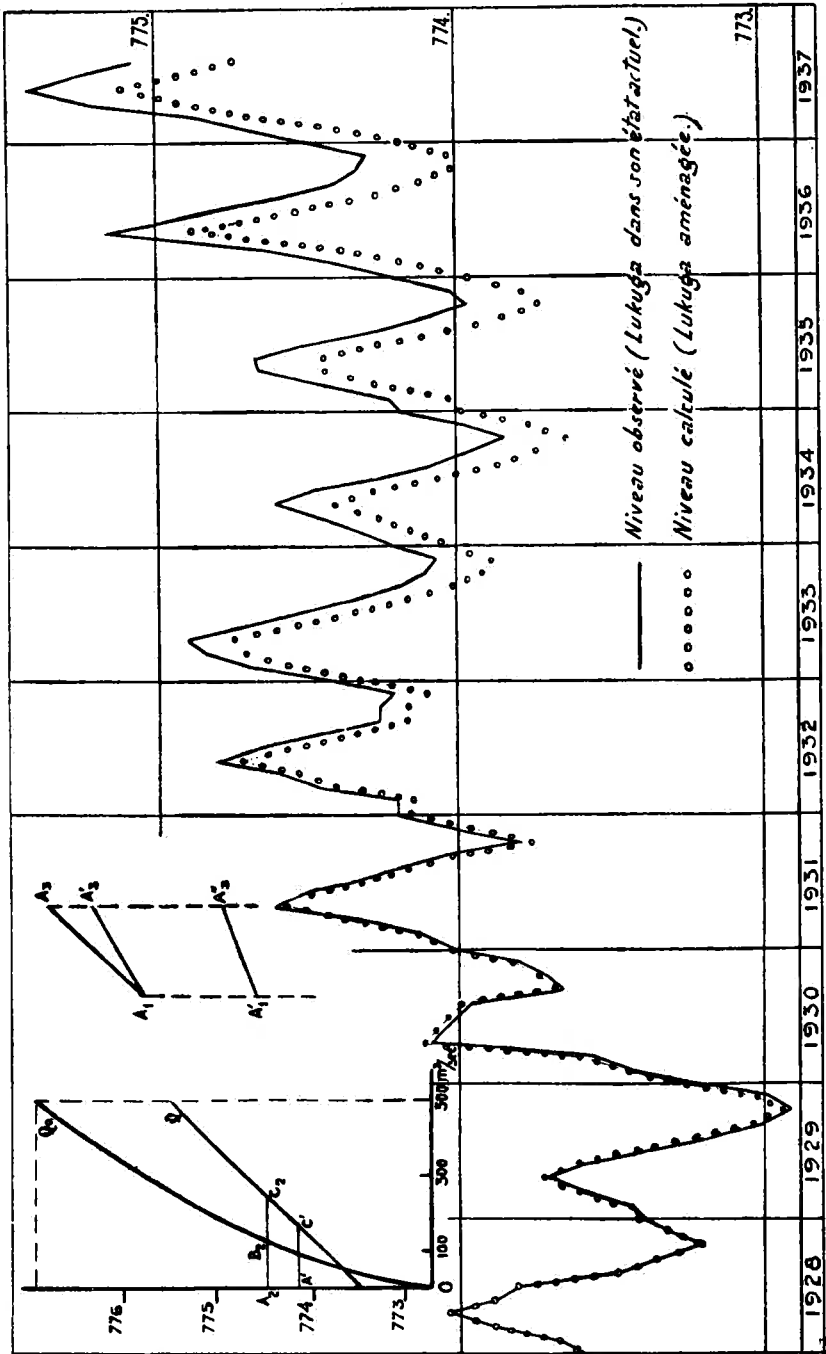


Fig. 14. — Influence exercée sur le niveau du lac par l'aménagement de la Lukuga.

puisse l'assimiler à une ligne droite. Si x_1, y_1, x_3, y_3 sont les coordonnées des points A_1 et A_3 , on peut admettre que pendant la période de temps $x_3 - x_1$ la Lukuga a débité en moyenne Q_0 litres par seconde, correspondant à un niveau du lac $y_2 = \frac{y_1 + y_3}{2}$. La courbe des débits Q_0 avant aménagement nous permettra de déterminer la valeur de ce débit, soit $A_2 B_2$.

Si nous supposons que l'instant x_1 coïncide avec la mise en service de la Lukuga aménagée, on constate que pour le même niveau y_2 la Lukuga aménagée écoulera une quantité d'eau correspondant à un débit moyen $Q = A_2 C_2$, qui sera supérieur, égal ou inférieur à $Q_0 = A_2 B_2$, suivant la valeur plus ou moins grande du niveau y_2 ; il est évident, par exemple, que si y_2 est compris entre 773,50 et 772,50, Q_0 avait une certaine valeur, tandis que Q sera nul, le barrage ne déversant plus rien. Suivant le cas, le diagramme $A_1 A'_3$ après aménagement sera au-dessous de $A_1 A_3$, ou sur $A_1 A_3$, ou au-dessus de $A_1 A_3$, et l'on calculera l'ordonnée y'_3 de l'extrémité A'_3 en se souvenant que la différence algébrique $y_3 - y'_3$ représente, à l'échelle du dessin, la variation de niveau du lac correspondant à une « dépense » ou à un écoulement d'eau de débit moyen $B_2 C_2$ pendant la période de temps $x_3 - x_1$. 642

Envisageons maintenant le cas où l'instant x_1 est postérieur à la mise en service de la Lukuga aménagée, le point A_1 de l'ancien diagramme observé correspondant à un point A'_1 du nouveau (coordonnées : x_1 et y'_1). Au niveau y'_1 correspond un débit Q après aménagement que la courbe des débits permettra de déterminer, soit $A' C'$, et suivant que $A' C'$ est supérieur, égal ou inférieur à l'ancien débit Q_0 représenté par $A_2 B_2$, le nouveau diagramme $A'_1 A''_3$ sera moins incliné que $A_1 A_3$, ou parallèle à $A_1 A_3$, ou plus incliné que $A_1 A_3$. Encore faut-il noter que ce n'est pas le débit Q correspondant au niveau 643

y'_1 qu'il faut considérer, mais bien celui correspondant à $\frac{y'_1 + y''_3}{2}$. C'est dire qu'on ne pourra situer A''_3 qu'après tâtonnements.

644 Le tableau XV résume les calculs qui nous ont permis de tracer le nouveau diagramme (fig. 14). Les intervalles de temps $x_3 - x_1$ ont été pris égaux à 36,5 jours (un dixième d'année).

TABLEAU XV.

Niveau du lac depuis le 1^{er} janvier 1928
dans l'hypothèse où l'aménagement (calibrage de la Lukuga
plus barrage) aurait été réalisé à cette date.

Date	y m	y_2 m	$\frac{Q-Q_0}{10}$ mm	Δy mm	$\Delta y'$ mm	y'_2 m	y' m
1- 1-28	773,60						773,600
		773,64	+ 1,8	+ 80	+ 81,8	773,64	
6- 2-28	773,68		- 0,4	+200	+199,6	773,78	773,682
		773,78					
15- 3-28	773,88		- 3,2	+160	+156,8	773,96	773,882
		773,96					
20- 4-28	774,04		- 3,3	-140	-143,3	773,97	774,039
		773,97					
27- 5-28	773,90		- 1,3	- 90	- 91,3	773,85	773,895
		773,86					
2- 7-28	773,81		+ 1,8	-330	-328,2	773,64	773,803
		773,64					
8- 8-28	773,48		+ 3,6	-120	-116,4	773,42	773,478
		773,42					
13- 9-28	773,36		+ 2,6	-140	-137,4	773,29	773,358
		773,29					
20-10-28	773,22		+ 2,5	+100	+102,5	773,27	773,221
		773,27					
25-11-28	773,32		+ 3,2	+100	+103,2	773,37	773,324
		773,37					
1- 1-29	773,42		+ 3,6	+ 20	+ 23,6	773,44	773,427
		773,43					
6- 2-29	773,44		+ 3,4	+140	+143,4	773,53	773,460
		773,51					
15- 3-29	773,58		+ 1,3	+130	+131,3	773,66	773,606
		773,64					
20- 4-29	773,71		+ 1,9	-120	-118,1	773,67	773,737
		773,65					
27- 5-29	773,59		+ 4,0	-200	-196,0	773,51	773,619
		773,49					
2- 7-29	773,39		+ 2,6	-200	-197,4	773,32	773,423
		773,29					
8- 8-29	773,19		+ 1,3	-180	-178,7	773,11	773,226
		773,10					

Date	y m	y_2 m	$\frac{Q-Q_1}{10}$ mm	Δy mm	$\Delta y'$ mm	y_2' m	y' m
13- 9-29	773,01	772,95	+ 0,6	-110	-409,4	772,98	773,047
20-10-29	772,90	772,94	+ 0,3	+ 80	+ 80,3	772,97	772,938
25-11-29	772,98	773,09	+ 1,3	+220	+221,3	773,12	773,018
1- 1-30	773,20	773,32	+ 2,8	+240	+242,8	773,37	773,239
6- 2-30	773,44	773,50	+ 3,1	+120	+123,1	773,54	773,482
15- 3-30	773,56	773,82	- 2,0	+520	+518,0	773,86	773,605
20- 4-30	774,08	774,06	- 6,0	- 40	- 46,0	774,10	774,123
27- 5-30	774,04	774,02	- 4,9	- 40	- 44,9	774,05	774,077
2- 7-30	774,00	773,98	- 4,2	- 40	- 44,2	774,01	774,032
8- 8-30	773,96	773,81	- 1,3	-300	-301,3	773,83	773,988
13- 9-30	773,66	773,69	+ 0,3	+ 60	+ 60,3	773,72	773,687
20-10-30	773,72	773,76	- 1,6	+ 80	+ 78,4	773,78	773,747
25-11-30	773,80	773,90	- 2,7	+200	+197,3	773,92	773,825
1- 1-31	774,00	774,06	- 7,8	+120	+142,2	774,08	774,022
6- 2-31	774,12	774,22	- 7,2	+200	+192,8	774,23	774,134
15- 3-31	774,32	774,46	-10,7	+280	+269,3	774,46	774,327
20- 4-31	774,60	774,56	-11,6	- 80	- 91,6	774,55	774,596
27- 5-31	774,52	774,44	- 9,4	-160	-169,4	774,41	774,504
2- 7-31	774,36	774,28	- 7,2	-160	-167,2	774,25	774,335
8- 8-31	774,20	774,12	- 2,5	-160	-162,5	774,08	774,168
13- 9-31	774,04	773,92	- 1,5	-240	-241,5	773,88	774,005
20-10-31	773,80	773,90	- 1,2	+200	+198,8	773,86	773,763
25-11-31	774,00	774,10	- 6,8	+200	+193,2	774,06	773,962
1- 1-32	774,20	774,20	- 5,5	0	- 5,5	774,15	774,155
6- 2-32	774,20	774,33	- 7,4	+270	+262,6	774,28	774,149
15- 3-32	774,47	774,54	- 9,5	+130	+120,5	774,47	774,412
20- 4-32	774,60	774,70	-12,2	+200	+187,8	774,63	774,533

Date	η m	η_2 m	$\frac{Q-Q_0}{10}$ mm	$\Delta\eta$ mm	$\Delta\eta'$ mm	η_2' m	η' m
27- 5-32	774,80						774,722
2- 7-32	774,64	774,72	-11,8	-160	-171,8	774,63	774,550
8- 8-32	774,45	774,54	- 6,8	-190	-196,8	774,45	774,353
13- 9-32	774,27	774,36	- 6,6	-180	-186,6	774,26	774,166
20-10-32	774,26	774,27	- 5,0	- 10	- 15,0	774,16	774,151
25-11-32	774,21	774,24	- 4,3	- 50	- 54,3	774,12	774,097
1- 1-33	774,42	774,31	- 5,5	+210	+204,5	774,20	774,302
6- 2-33	774,69	774,55	-10,1	+270	+259,9	774,44	774,562
15- 3-33	774,84	774,77	-11,0	+150	+139,0	774,63	774,701
20- 4-33	774,90	774,87	-12,3	+ 60	+ 47,7	774,72	774,749
27- 5-33	774,70	774,60	-13,4	-200	-213,4	774,64	774,536
2- 7-33	774,52	774,61	- 8,1	-180	-188,1	774,44	774,348
8- 8-33	774,35	774,43	- 5,8	-170	-175,8	774,26	774,172
13- 9-33	774,19	774,27	- 3,3	-160	-163,3	774,09	774,009
20-10-33	774,10	774,15	- 1,2	- 90	- 91,2	773,96	773,918
25-11-33	774,06	774,08	- 0,3	- 40	- 40,3	773,90	773,878
1- 1-34	774,20	774,13	- 1,1	+140	+138,9	773,95	774,017
6- 2-34	774,34	774,27	- 3,0	+140	+137,0	774,08	774,154
15- 3-34	774,46	774,40	- 4,7	+120	+115,3	774,21	774,269
20- 4-34	774,61	774,54	- 6,5	+150	+143,5	774,34	774,413
27- 5-34	774,49	774,55	- 6,8	-120	-126,8	774,35	774,286
2- 7-34	774,27	774,33	- 4,3	-220	-224,3	774,17	774,062
8- 8-34	774,08	774,17	- 1,3	-190	-191,3	773,96	773,871
13- 9-34	773,95	774,01	+ 1,4	-130	-128,6	773,80	773,742
20-10-34	773,84	773,90	+ 3,4	-110	-106,6	773,68	773,635
25-11-34	773,97	773,90	+ 2,9	+130	+132,9	773,70	773,768
1- 1-35	774,18	774,08	- 2,5	+210	+207,5	773,88	773,976
		774,20	- 1,6	+ 50	+ 48,4	774,00	

Date	y m	y_2 m	$-\frac{Q-Q_0}{10}$ mm	Δy mm	$\Delta y'$ mm	y'_2 m	y' m
6- 2-35	774,23	774,36	- 3,7	+260	+256,3	774,15	774,024
15- 3-35	774,49	774,57	- 6,7	+170	+163,3	774,36	774,280
20- 4-35	774,66	774,67	- 7,5	+ 10	+ 2,5	774,44	774,443
27- 5-35	774,67	774,58	- 6,6	-170	-176,6	774,36	774,446
2- 7-35	774,50	774,38	- 2,2	-240	-242,2	774,10	774,269
8- 8-35	774,26	774,17	- 0,1	-180	-180,1	773,94	774,027
13- 9-35	774,08	774,02	+ 1,7	-120	-118,3	773,79	773,847
20-10-35	773,96	773,98	+ 2,4	+ 50	+ 52,4	773,75	773,729
25-11-35	774,01	774,10	+ 0,6	+180	+180,6	773,87	773,781
1- 1-36	774,19	774,31	- 2,3	+230	+227,7	774,07	773,962
6- 2-36	774,42	774,52	- 5,7	+210	+204,3	774,30	774,190
15- 3-36	774,63	774,81	- 9,4	+370	+360,6	774,58	774,394
20- 4-36	775,00	775,00	-11,0	0	- 11,0	774,75	774,775
27- 5-36	775,00	774,90	- 9,6	-200	-209,6	774,64	774,744
2- 7-36	774,80	774,69	- 6,3	-230	-236,3	774,41	774,534
8- 8-36	774,57	774,48	- 3,7	-170	-173,7	774,21	774,298
13- 9-36	774,40	774,37	- 2,1	- 70	- 72,1	774,09	774,124
20-10-36	774,33	774,31	- 1,1	- 30	- 31,1	774,03	774,052
25-11-36	774,30	774,39	- 2,3	+180	+177,7	774,11	774,021
1- 1-37	774,48	774,58	- 4,9	+200	+195,1	774,29	774,199
6- 2-37	774,68	774,76	- 7,4	+170	+162,6	774,47	774,394
15- 3-37	774,85	775,04	-10,1	+380	+369,9	774,74	774,557
20- 4-37	775,23	775,33	-13,3	+200	+186,7	775,02	774,927
27- 5-37	775,43	775,34	-13,1	-170	-183,1	775,02	775,114
2- 7-37	775,26	775,17	-10,7	-190	-200,7	774,83	774,931
8- 8-37	775,07						774,730

645 Le tableau XV et le nouveau diagramme (fig. 14) montrent que l'aménagement aurait procuré au 27 mai 1937 la cote 775,114, au lieu de 775,43 (soit un abaissement de ± 32 cm.), et au 20 octobre 1929, la cote 77,938, au lieu de 772,90 (soit un surhaussement de ± 4 cm.).

En d'autres termes, l'amplitude des variations aurait été de 2^m18, au lieu de 2^m53, et ce gain de 35 cm. aurait nécessité plus d'un million de m³ de terrassements (n° 619), plus la construction d'un barrage en palplanches métalliques de 300 m. de longueur utile (n° 631).

646 Pour dresser le devis de ces travaux, il faudrait évidemment disposer d'un nombre de profils en travers, avec forages, beaucoup plus considérable que les quelques sections représentées par la planche I; il faudrait également pousser l'étude du chantier de terrassements (dragline, voie ferrée,...); mais, de toute façon, le mètre cube de déblai reviendra à une vingtaine de francs et l'on sera certainement au-dessous de la réalité en citant le chiffre de 20 millions comme ordre de grandeur de l'aménagement envisagé (calibrage des 8.768 premiers mètres de la Lukuga et barrage-déversoir de 300 mètres).

647 En résumé, chaque million dépensé aurait apporté en dix ans un gain de moins de deux centimètres sur le niveau du lac, et ce résultat dérisoire montre à suffisance que la solution du problème qui nous occupe ne doit pas être recherchée exclusivement dans l'aménagement de la Lukuga : il faut faire la part... de l'eau, en sacrifiant les cultures et les bâtiments établis dans la zone d'inondation, surélever le port d'Albertville jusqu'au niveau de ceux d'Uvira et d'Usumbura, et recourir à des docks flottants en lieu et place de cales sèches...

Léopoldville, le 18 octobre 1937.

Woluwe-Saint-Lambert, le 20 juin 1938.

BIBLIOGRAPHIE.

- ADAM, AUGUSTE, Comment les eaux du Tanganika s'écoulent dans le Luabala par le col de Mitwanzi (*Le Mouvement Géographique* du 27 août 1911, col. 427).
- ANGOT, ALFRED. *Traité élémentaire de Météorologie*, quatrième édition, revue et complétée par BRAZIER, C. E. (Gauthier-Villars, Paris, 1928).
- ARNING, W., Deutsch-Ostafrika, gestern und heute (*Koloniale Fragen im Dritten Reich*, éd. Dietrich Reimer, Berlin, 1936).
- BAUMANN, *Durch Mattailand zur Nilquelle*.
- BECKER, JÉRÔME, *La Vie en Afrique*, 2 vol. (éd. J. Lebègue et C^{ie}, Bruxelles, 1887).
- BÖHM, Dr RICHARD, Von Sansibar zum Tanganyka (*Briefe aus Ostafrika*, éd. Brockhaus, Leipzig, 1888).
- BOUASSE, H., *Houle, rides, seiches et marées* (Lib. Delagrave, Paris, 1924).
- BOUVIER, E. L., *Sur les caractères, les affinités et les origines de la faune atyenne du lac Tanganika* (IX^e Congrès International de Zoologie, Monaco, 1913).
- BRAZIER, C. E., voir ANGOT, ALFRED.
- BURDO, AD., *Les Belges dans l'Afrique Centrale : de Zanzibar au lac Tanganika* (éd. Maes, Bruxelles, 1886).
- Bureau des Longitudes : Annuaire* (Gauthier-Villars et C^{ie}, Paris).
- BURTON, *Voyage aux Grands Lacs de l'Afrique Orientale* (Hachette, Paris, 1862).
- CAMERON, *A travers l'Afrique* (Hachette, Paris, 1881).
- COLLET, L. W., *Les Lacs* (éd. Gaston Doin, Paris, 1925).
- CORNET, J., Le Tanganika est-il un « Relicten-See » ? (*Le Mouvement Géographique* des 21 et 28 juin 1896, col. 302 et 313).
- DELCOMMUNE, ALEXANDRE, La vallée de la Lukuga et le chemin de fer du Tanganika (*Le Mouvement Géographique*, 26 février 1911, col. 199).
- DELHAISE, CH., Le problème de la Lukuga (*Bulletin de la Société royale belge de Géographie*, n^o 3, 1908; cité par *Le Mouvement Géographique* de 1908, col. 559).
- DE MARTIN-DONOS, *Les Belges dans l'Afrique Centrale : Le Congo et ses affluents*, 2 vol. (éd. Maes, Bruxelles, 1886).
- DIXEY, F., Lake Level in Relation to Rainfall and Sunspots (*Nature* du 1^{er} novembre 1924).
- DUMORTIER, A., Le Tanganika (revue *Grands Lacs* du 15 décembre 1936, pp. 141-145).

- ENGELS, HUBERT, *Handbuch des Wasserbaues*, 2 vol., 1923, plus complètement, 1926 (éd. Wilhelm Engelmann, Leipzig).
- EYDOUX, D., *Hydraulique générale et appliquée* (Baillière et fils, Paris, 1921).
- *Cours d'Hydraulique de l'École Nationale des Ponts et Chaussées*, Paris, 1935-1936.
- FONTAINAS, P., Considérations sur la genèse des crevasses de l'Afrique Orientale (*Bulletin des Séances de l'Institut Royal Colonial Belge*, VIII, 1937, 2, pp. 606-619).
- FOURMARIER, P., Les mouvements du sol dans la région des Grands Lacs (*Le Mouvement Géographique* de 1920, col. 441).
- Observations de Géographie physique dans la région du Tanganika (*Annales de la Société de Géologie de Belgique*, 1918-1919).
- L'origine des Grands Lacs de l'Afrique Centrale (*Le Mouvement Géographique* de 1920, col. 421).
- Observations géologiques dans la vallée de la Malagarazi (*Annales de la Société de Géologie de Belgique*, XII, 1916, p. 53).
- Étude comparative des formations postprimaires de la Malagarazi (Afrique Orientale), de la Lukuga et des autres régions du Katanga (*Annales de la Société de Géologie de Belgique*, XLII, 1919, p. 15).
- FROLOW, V., Les caractères généraux de la marche des niveaux (ou des débits) (*Le Génie Civil* du 28 octobre 1933, p. 436. et du 18 mai 1935, p. 496).
- GHEZZI, C., *Progetto per la Sistemazione del Lago Ceresio (Lago di Lugano)*, avec Atlas annexe (Atlante annesso) (Tipografia Rösch et Schatzmann, Berne, 1913).
- GILLMAN, F. G. S., Hydrology of Lake Tanganyika (*Geological Survey Department*, bulletin n° 5, Dar-es-Salam, 1933).
- GROGAN, EWART, Expédition dans la région des Grands Lacs de l'Afrique Orientale (*Le Mouvement Géographique* de 1900, col. 385, 397, 409 et 421).
- HALBFASS, W., *Grundzüge einer Vergleichenden Seenkunde* (éd. Borntraeger, Berlin, 1923).
- Der Baikal und der Tanganyika (*Geographischer Zeitschrift*, XXXIV, 1928).
- HEINRICHS, G., Les fluctuations du niveau du lac Tanganika (*Bulletin des séances de l'Institut Royal Colonial Belge*, VII, 1936, pp. 366-385).
- *Les fluctuations du niveau du lac Tanganika*, 15 pages (Impr. Flor. Burton, Anvers, 1937).
- HORE, EDWARD COODE, Lake Tanganyika (*Proceedings of the Royal Geogr. Soc.*, janvier 1882).
- *Tanganyika* (éd. Edw. Stanford, Londres, 1892).
- HURST, H. E., and PHILLIPS, P., The Nile Basin, I à IV (*Physical Department of Publics Works Ministry*, Cairo, 1931-1934).
- IMBEAUX, ED., Le Nil et son Bassin (*Annales des Ponts et Chaussées de France*, septembre 1935, pp. 339-383).

- IMBEAUX, ED., L'Hydrologie du Lac Tana (*Annales des Ponts et Chaussées de France*, décembre 1936, pp. 713-716).
- JAEGER, F., Die Gewaesser Afrika's (*Zeitschrift Gesellschaft für Erdkunde*, 1928).
- KOECHLIN, *Mécanisme de l'eau* (Béranger, Paris, 1924).
- LEMAIRE, Capitaine CHARLES, *Mission scientifique du Ka-Tanga*, 16 mémoires (éd. Bulens et Weissenbruch, Bruxelles, 1901).
- LIVINGSTONE, D., *Explorations dans l'intérieur de l'Afrique Australe, et voyage à travers le continent, de Saint-Paul de Loanda à l'embouchure du Zambèze, 1840-1856* (Hachette, Paris, 1859).
- *Explorations du Zambèze et de ses affluents, et découverte des lacs Chirona et Nyasa* (Hachette, Paris, 1866).
- *Le dernier journal de Livingstone*, 2 vol. (Hachette, Paris, 1876).
- MARQUARDSON, Der Wasserstand des Tanganika (*Mitt. u. d. D. Sch.*, XXVI, 1913).
- MAURY, J., La description de la frontière orientale du Congo belge (*Le Mouvement Géographique*, 21 avril 1912, col. 253).
- Triangulation du Congo Oriental (*Mémoires de l'Institut Royal Colonial Belge*, in-4°, I, 1934).
- MERCENIER, M., Le bassin permien de la Lukuga (*Annales de la Société de Géologie de Belgique*, XL, fasc. 3, p. 165).
- MEYER, HANS, *Das Deutsche Kolonialreich*, 2 vol. (Leipzig et Vienne, 1909).
- MEYER, O. E., Die Brüche von Deutsch-Ostafrika (*Neues Jahrbuch für Min. Geol. und Palaeont.*, XXXVIII, Beilage Band, 1915).
- MOORE, J. E. S., Expédition aux Grands Lacs de l'Afrique Orientale (*Le Mouvement Géographique* de 1900, col. 169 et 325).
- *The Tanganyika Problem* (London, 1903).
- *To the Mountains of the Moon* (London, 1901).
- MOULAERT, Colonel GEORGES, *La Campagne du Tanganika* (Desclée de Brouwer, Bruxelles, 1934).
- MOURET, G., *Cours d'Hydraulique générale professé à l'École Nationale des Ponts et Chaussées* (Paris, 1929-1930).
- MOYE, MARCEL, *Astronomie* (éd. Gaston Doin et C^{ie}, Paris, 1913).
- PACORET, ÉTIENNE, *La Technique de la Houille blanche*, 4 vol. (éd. Dunod, Paris, 1919).
- PARDÉ, MAURICE, *Fleuves et Rivières* (éd. Arm. Colin, Paris, 1933).
- PHILLIPS, P., voir HURST and PHILLIPS.
- REICHARD, PAUL, *Deutsch Ostafrika* (Impr. Otto Spramer, Leipzig, 1892).
- RICHALD, J., *Cours de Voies de Communication par eau* (Gand, 1922).
- ROBERT, M., *Le Congo physique* (Lamertin, Bruxelles, 1923).
- *Le Katanga physique* (Lamertin, Bruxelles, 1927).
- *Le Centre-Africain* (Lamertin, Bruxelles, 1932).
- ROULET DE L'ISLE, *Observation, étude et prédiction des marées* (Imprimerie Nationale, Paris, 1905).

- SALÉE, A., Le détournement du lac Tanganika (*Annales de la Société Scientifique de Bruxelles*, XLVII, 1927).
- SCHMITZ, ROBERT, *Les Baholoholo* (éd. Albert Dewit, Bruxelles, 1912).
- SCHONFIELD, HUGH J., *Richard Burton, explorer* (éd. Herbert Joseph, Londres, 1936).
- SCHWEINFURTH, *Au Cœur de l'Afrique*, 2 vol. (Hachette, Paris, 1875).
- SCHWETZ, Exploration de la rivière Lukuga, émissaire du Tanganika (*Le Mouvement Géographique* du 6 octobre 1912, col. 541. et *Revue Zoologique Africaine*, 1912, vol. II, fasc. 1).
- SIEGER, Rise and Fall of Lake Tanganyika (*Quart. Journ. G. S.*, 1893, XLIX, 196).
- SPEKE, *Les sources du Nil, Journal de voyage* (Hachette, Paris, 1864).
- STAIRS, W. G., L'expédition Stairs (*Le Mouvement Géographique* des 14 et 31 juillet et 14 août 1892).
- STANLEY, H. M., *Comment j'ai retrouvé Livingstone* (Hachette, Paris, 1872).
- *A travers le Continent mystérieux*, 2 vol. (Hachette, Paris, 1880).
- STAPPERS, L., Note sur les sondages du Tanganika (*Revue Congolaise* de septembre 1913, p. 116).
- L'eau de surface du lac Tanganika (*Le Mouvement Géographique* du 14 juin 1914, col. 314).
- STROMER, E., Le Tanganika est-il un « Relikten-See » ? (*Le Mouvement Géographique* du 26 janvier 1902, col. 43).
- THEUWS, R., Le Tanganika (*Le Mouvement Géographique* des 5 et 19 décembre 1920, col. 625 et 668).
- Le Lac Tanganika (*Le Mouvement Géographique* des 30 janvier, 6 mars et 10 avril 1921, col. 49, 127 et 193).
- L'utilisation et l'appropriation du Tanganika (*Le Mouvement Géographique* du 8 mai 1921, col. 249).
- THOMSON, JOSEPH, Le problème de la Lukuga (*Le Mouvement Géographique* de 1889, p. 3).
- *To the Central African Lakes and back*, 2 vol. (éd. Sampson Low, etc., Londres, 1881).
- THYS, ROBERT, De l'importance et du débit des branches initiales du Congo (*Le Mouvement Géographique* du 28 décembre 1913, col. 655).
- *Essai sur l'amélioration du régime du fleuve Congo par la régularisation du débit des lacs et anciens lacs congolais*.
- VON HERMANN, La région volcanique du Grand Graben Africain (*Le Mouvement Géographique* du 27 mars 1904, col. 145).
- VOX WISSMANN, *Unter deutscher Flagge : Quer durch Afrika* (Lib. Walter et Apolant, Berlin, 1902).
- WALLACE, Au Tanganika (*Le Mouvement Géographique* du 11 juin 1899, col. 283).
- WANGERMÉE, E., *Grands Lacs africains et Katanga* (éd. Lebègue, Bruxelles, 1909).

- WAUTERS, A. J., L'expédition du capitaine Stairs (*Le Mouvement Géographique* du 24 juillet 1892, p. 62).
- L'exploration de la Lukuga par l'expédition Delcommune (*Le Mouvement Géographique* du 1^{er} avril 1894, p. 27).
 - Le relief du bassin du Congo et la genèse du fleuve (*Le Mouvement Géographique* de 1894, p. 39).
 - Le relief du bassin du Congo et la genèse du fleuve (*Le Mouvement Géographique* du 13 mai 1894, col. 4).
 - Le Lac Kivu; explorations de MM. Kandt et Sharpe (*Le Mouvement Géographique* de décembre 1899, col. 604).
 - Le Problème du Tanganika (*Le Mouvement Géographique* des 8 et 15 mars 1903, col. 117 et 131).
 - Le Grand Graben du Tanganika et du Nil Supérieur (*Le Mouvement Géographique* du 25 septembre 1904, col. 457).
 - Le problème de la Lukuga (*Le Mouvement Géographique* du 14 mai 1913, col. 223).
-

TABLE DES FIGURES.

	Page.
FIG. 1. — Diagramme du niveau du Tanganika de 1846 à 1937... ..	17
FIG. 2. — La baie de Nganza, au Nord d'Albertville, en 1858, 1869 et 1908	19
FIG. 3. — La crique de la Lukuga en 1876	25
FIG. 4. — Diagramme du niveau du Tanganika observé de 1922 à 1937..	45
FIG. 5. — La tête de la Lukuga en juin 1937..	60
FIG. 6. — Profil en long de la tête de la Lukuga	63
FIG. 7. — La tête de la Lukuga. — Cotes du fond rocheux	64
FIG. 8. — Débit de la Lukuga,	69
FIG. 9. — Bassins des lacs Albert, Tanganika et Victoria	75
FIG. 10. — Variations du niveau des lacs du Centre Africain et du nombre des taches solaires... ..	76
FIG. 11. — Pluies à Albertville et au Ruanda-Urundi. — Régime du Tanganika et du Nil..	85
FIG. 12. — Mouvement varié et déversoirs	97
FIG. 13. — Axes hydrauliques et courbes des débits dans la Lukuga, après aménagement... ..	106
FIG. 14. — Influence exercée sur le niveau du lac par l'aménage- ment de la Lukuga	116

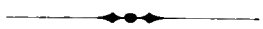
PLANCHE I. — Plan, profil en long et profils en travers de la Lukuga
(hors texte).

LISTE DES TABLEAUX.

	Page.
TABLEAU I. — Observations des plus hautes et des plus basses eaux à Albertville, de 1921 à 1937... ..	46
TABLEAU II. — Comparaison des lectures d'échelles à Albertville et à Kigoma... ..	47
TABLEAU III. — Comparaison des lectures d'échelles à Albertville et à Usumbura	48
TABLEAU IV. — Comparaison des lectures d'échelles à Albertville et à Uvira.	50
TABLEAU V. — Observation de l'axe hydraulique... ..	66
TABLEAU VI. — Débit de la Lukuga	68
TABLEAU VII. — Écoulement de la Lukuga de 1924 à 1936	70
TABLEAU VIII. — Comparaison entre le lac de Lugano et le lac Tanganika	89
TABLEAU IX. — Caractéristiques des ouvrages d'accostage du Tanganika	91
TABLEAU X. — Cubature des déblais pour le calibrage de la Lukuga.	94
TABLEAU XI. — Valeurs du coefficient <i>b</i> pour la Lukuga... ..	99
TABLEAU XII. — Vérification de l'axe hydraulique, dans la Lukuga actuelle, pour un débit <i>Q</i> de 200 m ³ /sec.	100
TABLEAU XIII. — Calcul de l'axe hydraulique, dans la Lukuga calibrée, pour un débit <i>Q</i> de 100 m ³ /sec.	102
TABLEAU XIV. — Calcul de l'axe hydraulique, dans la Lukuga calibrée, pour un débit <i>Q</i> de 500 m ³ /sec.	103
TABLEAU XV. — Niveaux du lac depuis le 1 ^{er} janvier 1928 dans l'hypothèse où l'aménagement (calibrage de la Lukuga plus barrage) aurait été réalisé à cette date	118

SOMMAIRE.

Numérotation décimale.		Page.
000	INTRODUCTION	3
100	CHAPITRE I. — <i>Altitude et plan de référence</i>	7
110	Déterminations barométriques... ..	7
120	Nivellements géométriques et trigonométriques	9
200	CHAPITRE II. — <i>Variations du niveau du Tanganika de 1846 à 1921.</i>	16
300	CHAPITRE III. — <i>Régime actuel du Tanganika</i>	44
310	Fluctuations saisonnières	44
320	Variations de courte période	51
330	Amplitude des variations	52
400	CHAPITRE IV. — <i>La Lukuga, déversoir du Lac</i>	53
410	Historique	53
420	Etudes hydrographiques récentes... ..	57
430	Description générale de la Lukuga	58
440	Le seuil de l'exutoire	62
450	Les conditions d'écoulement dans la Lukuga... ..	65
460	Influence de la Lukuga sur le niveau du Lac	69
470	Niveaux limites du Lac... ..	71
500	CHAPITRE V. — <i>Relation entre le régime pluviométrique et les variations de niveau du Lac</i>	74
510	Généralités	74
520	Régime pluviométrique du bassin du Tanganika	78
530	Corrélation entre la pluviométrie et les variations de niveau du Lac.	84
600	CHAPITRE VI. — <i>Stabilisation du niveau du lac</i>	87
610	Inconvénients de la situation actuelle et remèdes	87
620	Calibrage et calcul de l'axe hydraulique... ..	95
630	Barrage et calcul du déversoir	104
640	Résultats à escompter et conclusions... ..	115
	BIBLIOGRAPHIE	123
	TABLE DES FIGURES... ..	128
	LISTE DES TABLEAUX... ..	129
	SOMMAIRE	130



Tome III.

1. LEERUN, J., *Les espèces congolaises du genre Ficus L.* (79 pages, 4 figures, 1934). 12 »
2. SCHWEITZ, le Dr J., *Contribution à l'étude endémiologique de la malaria dans la forêt et dans la savane du Congo oriental* (45 pages, 1 carte, 1934). 8 »
3. DE WILDEMAN, E., TROLLI, GREGOIRE et OROLOVITCH, *A propos de médicaments indigènes congolais* (127 pages, 1935). 17 »
4. BELEVOY, G. et ROBERT, M., *Le milieu physique du Centre africain méridional et la phytogéographie* (104 pages, 2 cartes, 1935). 16 »
5. LEPLAE, E., *Les plantations de café au Congo belge. — Leur histoire (1881-1935). — Leur importance actuelle* (248 pages, 12 planches, 1936). 40 »

Tome IV.

1. JADIN, le Dr J., *Les groupes sanguins des Pygmées* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (26 pages, 1935). 5 »
2. JULIEN, le Dr P., *Bloedgroeponderzoek der Efé-pygmeeën en der omwonende Negerstammen* (Verhandeling welke in den jaarlijkschen Wedstrijd voor 1935 eene eervolle vermelding verwierf) (32 bl., 1935). 6 »
3. VLASSOV, S., *Espèces alimentaires du genre Artocarpus. — 1. L'Artocarpus integrifolia L. ou le Jacquier* (80 pages, 10 planches, 1936). 18 »
4. DE WILDEMAN, E., *Remarques à propos de formes du genre Uragoga L. (Rubiaceées). — Afrique occidentale et centrale* (188 pages, 1936). 27 »
5. DE WILDEMAN, E., *Contributions à l'étude des espèces du genre Uapaga BAILL. (Euphorbiacées)* (192 pages, 43 figures, 5 planches, 1936). 35 »

Tome V.

1. DE WILDEMAN, E., *Sur la distribution des saponines dans le règne végétal* (94 pages, 1936). fr. 16 »
2. ZAHLBRÜCKNER, A. et HAUMAN, L., *Les lichens des hautes altitudes au Ruwenzori* (31 pages, 5 planches, 1936). 10 »
3. DE WILDEMAN, E., *A propos de plantes contre la lèpre (Crinum sp. Amaryllidacées)* (58 pages, 1937). 10 »
4. HISSETTE, le Dr J., *Onchococercose oculaire* (120 pages, 5 planches, 1937). 25 »
5. DUREN, le Dr A., *Un essai d'étude d'ensemble du paludisme au Congo belge* (86 pages, 4 figures, 2 planches, 1937). 16 »
6. STANER, P. et BOUTIQUE, R., *Matériaux pour les plantes médicinales indigènes du Congo belge* (228 pages, 17 figures, 1937). 40 »

Tome VI.

1. BURGEON, L., *Liste des Coléoptères récoltés au cours de la mission belge au Ruwenzori* (140 pages, 1937). 25 »
2. LEPERSONNE, J., *Les terrasses du fleuve Congo au Stanley-Pool et leurs relations avec celles d'autres régions de la cuvette congolaise* (68 pages, 6 figures, 1937). 12 »
3. CASTAGNE, E., *Contribution à l'étude chimique des légumineuses insecticides du Congo belge* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1937) (102 pages, 2 figures, 9 planches, 1938). 45 »
4. DE WILDEMAN, E., *Sur des plantes médicinales ou utiles du Mayumbe (Congo belge), d'après des notes du R. P. WELLENS † (1891-1924)* (57 pages, 1938). 17 »
5. ADRIAENS, L., *Le Ricin au Congo belge. — Etude chimique des graines, des huiles et des sous-produits* (206 pages, 11 diagrammes, 1 carte, 1938). 60 »

Tome VII.

1. SCHWEITZ, le Dr J., *Recherches sur le paludisme endémique du Bas-Congo et du Kwango* (164 pages, 1 croquis, 1938). 28 »

SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES

Tome I.

1. FONTAINAS, P., *La force motrice pour les petites entreprises coloniales* (188 p., 1935). 19 »
2. HELLINCKX, L., *Etudes sur le Copal-Congo* (Mémoire couronné au Concours annuel de 1935) (64 pages, 7 figures, 1935). 11 »
3. DEVROEY, E., *Le problème de la Lukuga, créutoire du lac Tanganika* (130 pages, 14 figures, 1 planche, 1938). 30 »

COLLECTION IN-4°

SECTION DES SCIENCES NATURELLES ET MÉDICALES

Tome I.

1. ROBYNS, W., *Les espèces congolaises du genre Digitaria Hall* (52 p., 6 pl., 1931). fr. 20 »
2. VANDERYST, le R. P. H., *Les roches oolithiques du système schisto-calcaireux dans le Congo occidental* (70 pages, 10 figures, 1932). 20 »
3. VANDERYST, le R. P. H., *Introduction à la phytogéographie agrostologique de la province Congo-Kasai. (Les formations et associations)* (154 pages, 1932). 32 »
4. SCAËTTA, H., *Les famines périodiques dans le Ruanda. — Contribution à l'étude des aspects biologiques du phénomène* (42 pages, 1 carte, 12 diagrammes, 10 planches, 1932). 26 »
5. FONTAINAS, P. et ANSOTTE, M., *Perspectives minières de la région comprise entre le Nil, le lac Victoria et la frontière orientale du Congo belge* (27 p., 2 cartes, 1932). 10 »

6. ROBYNS, W., <i>Les espèces congolaises du genre Panicum L.</i> (80 pages, 5 planches, 1932)	25 »		
7. VANDERYST, le R. P. H., <i>Introduction générale à l'étude agronomique du Haut-Kasai. Les domaines, districts, régions et sous-régions géo-agronomiques du Vicariat apostolique du Haut-Kasai</i> (82 pages, 12 figures, 1933)	25 »		
Tome II.			
1. THOREAU, J. et DU TRIEU DE TERDONCK, R., <i>Le gîte d'uranium de Shinkolobwe-Kasolo (Katanga)</i> (70 pages, 17 planches, 1933)	50 »		
2. SCAËTTA, H., <i>Les précipitations dans le bassin du Kivu et dans les zones limitrophes du fossé tectonique (Afrique centrale équatoriale). — Communication préliminaire</i> (198 pages, 28 figures, cartes, plans et croquis, 16 diagrammes, 10 planches, 1933)	60 »		
3. VANDERYST, le R. P. H., <i>L'élevage extensif du gros bétail par les Bampombos et Baholos du Congo portugais</i> (50 pages, 5 figures, 1933)	14 »		
4. POLINARD, E., <i>Le socle ancien inférieur à la série schisto-calcaire du Bas-Congo. Son étude le long du chemin de fer de Matadi à Léopoldville</i> (116 pages, 7 figures, 8 planches, 1 carte, 1934)	40 »		
Tome III.			
SCAËTTA, H., <i>Le climat écologique de la dorsale Congo-Nil</i> (335 pages, 61 diagrammes, 20 planches, 1 carte, 1934)	100 »		
Tome IV.			
1. POLINARD, E., <i>La géographie physique de la région du Lubilash, de la Bushimaie et de la Lubi vers le 6° parallèle Sud</i> (38 pages, 9 figures, 4 planches, 2 cartes, 1935)	25 »		
2. POLINARD, E., <i>Contribution à l'étude des roches éruptives et des schistes cristallins de la région de Bondo</i> (42 pages, 1 carte, 2 planches, 1935)	15 »		
3. POLINARD, E., <i>Constitution géologique et pétrographique des bassins de la Kotto et du M'Bari, dans la région de Bria-Yalinga (Oubangui-Chari)</i> (160 pages, 21 figures, 3 cartes, 13 planches, 1935)	60 »		
Tome V.			
1. ROBYNS, W., <i>Contribution à l'étude des formations herbeuses du district forestier central du Congo belge</i> (151 pages, 3 figures, 2 cartes, 13 planches, 1936)	60 »		
2. SCAËTTA, H., <i>La genèse climatique des sols montagnards de l'Afrique centrale. — Les formations végétales qui en caractérisent les stades de dégradation</i> (351 pages, 10 planches, 1937)	115 »		
Tome VI.			
1. GYSIN, M., <i>Recherches géologiques et pétrographiques dans le Katanga méridional</i> (259 pages, 4 figures, 1 carte, 4 planches, 1937)	65 »		
SECTION DES SCIENCES TECHNIQUES			
Tome I.			
1. MAURY, J., <i>Triangulation du Katanga</i> (140 pages, fig., 1930)	fr. 25 »		
2. ANTHOINE, R., <i>Traitements des minerais aurifères d'origine filonienne aux mines d'or de Kilo-Moto</i> (163 pages, 63 croquis, 12 planches, 1933)	50 »		
3. MAURY, J., <i>Triangulation du Congo oriental</i> (177 pages, 4 fig., 3 planches, 1934)	50 »		
Tome II.			
1. ANTHOINE, R., <i>L'amalgamation des minerais à or libre à basse teneur de la mine du mont Tsi</i> (29 pages, 2 figures, 2 planches, 1936)	10 »		
2. MOLLE, A., <i>Observations magnétiques faites à Elisabethville (Congo belge) pendant l'année internationale polaire</i> (120 pages, 16 figures, 3 planches, 1936)	45 »		
Sous presse.			
HULSTAERT (le R. P. G.), <i>Les sanctions coutumières contre l'adultère chez les Nkundó</i> (in-8°).			
P. MICHOT, <i>Etude pétrographique et géologique du Ruwenzori septentrional</i> (in-8°).			
J. LEBRUN, <i>Recherches morphologiques et systématiques sur les caféciers du Congo</i> (in-8°).			
E. DE WILDEMAN, <i>Dioscorea alimentaires et toxiques</i> (in-8°).			
SCHERESTA (le R. P. P.), <i>Die Bambuti-Pygmaen vom Huri</i> (in-4°).			
VAN WING (le R. P. J.), <i>Etudes Bakongo. — II. Religion et Magie</i> (in-8°).			
BULLETIN DE L'INSTITUT ROYAL COLONIAL BELGE			
	Belgique.	Congo belge.	Union postale universelle.
Abonnement annuel.	fr. 60. —	fr. 70. —	fr. 75. — (15 Belgas)
Prix par fascicule	fr. 25. —	fr. 30. —	fr. 30. — (6 Belgas)
Tome I (1929-1930)	608 pages	Tome V (1934)	738 pages
Tome II (1931)	694 »	Tome VI (1935)	765 »
Tome III (1932)	680 »	Tome VII (1936)	626 »
Tome IV (1933)	884 »	Tome VIII (1937)	895 »